

Melhoria de processos de controlo de inventário e de layout em armazém multicliente

O caso da Torrestir Logística

André Duarte Cordeiro

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia e Gestão Industrial

Orientadores:

Professora Doutora Cristina Marta Castilho Pereira Santos Gomes

Professor Doutor Amílcar José Martins Arantes

Júri

Presidente: Professora Doutora Ana Paula Ferreira Dias Barbosa Póvoa

Orientador: Professora Doutora Cristina Marta Castilho Pereira Santos Gomes

Vogal: Professor Doutor João Carlos da Cruz Lourenço

Janeiro de 2021

Declaração

Declaro que o presente documento é um trabalho original da minha autoria e que cumpre todos os requisitos do Código de Conduta e Boas Práticas da Universidade de Lisboa.

Declaration

I declare that this document is an original work of my own authorship and that it fulfils all the requirements of the Code of Conduct and Good Practices of the Universidade de Lisboa.

Agradecimentos

Ao atingir esta etapa na minha vida, é tempo de deixar alguns agradecimentos a quem se revelou essencial neste percurso.

Em primeiro lugar à empresa Torrestir Logística e seus colaboradores, na pessoa do Dr. Luís Pedro, por me ter aberto as portas da empresa num contexto tão adverso como aquele em que foi realizada esta dissertação e pela constante disponibilidade em contribuir para o sucesso da mesma.

Aos orientadores, professora Marta Castilho Gomes e professor Amílcar Arantes, por todas as recomendações e ideias que contribuíram de forma inquestionável para o enriquecimento da dissertação.

Ao júri, professora Ana Póvoa, professor João Lourenço e professora Marta Castilho Gomes, pelo tempo despendido nesta avaliação.

Aos meus amigos, por estarem sempre ao meu lado nos diferentes objetivos da minha vida, sendo este mais um em que a sua presença foi fundamental.

Por último, à minha família pelo apoio incondicional em todos os momentos da minha vida e por me terem disponibilizado tudo o que foi necessário para a realização com sucesso desta dissertação, mas essencialmente de todo o mestrado.

Resumo

Numa cadeia de abastecimento todos os atores - desde o fabricante, passando pelas transportadoras, armazéns e retalhistas - têm um papel fundamental para fazer chegar um produto nas melhores condições ao cliente final. Os armazéns desempenham um papel extremamente importante nestas cadeias, ao proporcionar menores custos de transporte, reduzir tempos de entrega ou minimizar efeitos da incerteza da procura.

A Torrestir Logística é uma empresa prestadora de serviços de logística e armazenamento e detém um armazém de 25.000 m² na azambuja. Este armazém é multicliente, e nele são prestados serviços a mais de 25 clientes de áreas de negócio, dimensões e exigências completamente distintas. Os gestores da empresa aperceberam-se que os elevados custos operacionais têm vindo a tornar-se um problema e para combater estes custos consideram que há dois fatores críticos: o controlo de inventário; e o layout dos produtos nas zonas de armazenamento.

Tendo como objetivo a resolução do problema apresentado pela empresa, a presente dissertação aborda, numa revisão bibliográfica, vários conceitos e metodologias de controlo de inventário e de localização de artigos nos armazéns. Posteriormente é escolhido um cliente e são postas em prática as metodologias que se revelaram adaptar-se melhor à realidade em estudo.

Para o controlo de inventário foi implementada uma metodologia de contagem cíclica que permitiu apurar um resultado na precisão de inventário de 88% e foram estudadas as possíveis causas para este baixo valor. Em relação à localização dos produtos, foi implementada a estratégia do agrupamento familiar e as análises ABC e da correlação da procura. Após as alterações no layout foi possível obter uma redução de 33% no tempo por unidade na operação de picking. Esta redução pode gerar uma poupança anual de cerca de 4.200€ só nas operações do cliente em estudo.

Palavras chave: Gestão de armazéns; *Third Party Logistics*; Controlo de inventário; Contagem cíclica; Agrupamento familiar; Análise ABC.

Abstract

In a supply chain, all players - from the manufacturer, through the transporters, warehouses and retailers - have a key role to deliver a product in the best conditions to the final customer. Warehouses play an extremely important role in these chains, providing lower transportation costs, reduced delivery times or minimizing the effects of demand uncertainty.

Torrestir Logística is a logistics and storage services provider which owns a 25.000 m² warehouse in Azambuja. This warehouse is multiclient, and it provides services to more than 25 clients from completely different business areas, dimensions and requirements. The company's managers have realized that high operating costs have become a problem. To overcome these high costs, they consider that there are two critical factors: inventory control; and the layout of the products in the storage areas.

With the aim of solving the problem presented by the company, this dissertation addresses, in a literature review, several concepts and methodologies of inventory control and article location in warehouses. Afterwards, a client is chosen and methodologies, which have proved to be better adapted to the reality under study, are implemented.

For the inventory control a cyclical counting methodology was implemented which allowed to calculate an 88% inventory record accuracy result and the possible causes for this low value were studied. Regarding the location of products, the family grouping strategy and the ABC and demand correlation analyses were implemented. After the layout changes it was possible to obtain a 33% reduction in time per unit in the picking operation. This reduction can generate an annual saving of around 4.200 euros in the customer's operations alone.

Keywords: Warehouse management; Third Party Logistics; Inventory control; Cycle counting; Family grouping; ABC Analysis.

Índice

Declaração	i
Declaration	i
Agradecimentos	ii
Resumo	iii
Abstract	iv
Índice	v
Lista de figuras	vii
Lista de tabelas	viii
Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos	x
1. Introdução	1
1.1 Contextualização do problema	1
1.2 Objetivos da dissertação	2
1.3 Metodologia	2
1.4 Estrutura do documento	4
2. Caso de estudo	5
2.1 Setor dos transportes e armazenagem em Portugal e na Europa	5
2.2 O grupo Torrestir	7
2.3 Torrestir Logística	8
2.4 Processos do armazém da Azambuja	10
2.5 Especificação do problema	12
2.5.1 Controlo de inventário	13
2.5.2 Localização dos produtos	14
2.6 Conclusões do capítulo	14
3. Revisão bibliográfica	16
3.1 Gestão da cadeia de abastecimento	16
3.1.1 Logística	17
3.1.2 Third Party Logistics	17
3.2 Gestão de armazéns	18
3.2.1 Warehouse Management System	20
3.2.2 Métricas	21
3.3 Contagem cíclica	23
3.3.1 Metodologias	25
3.3.2 Quando contar e quem deve contar	29
3.3.3 Diagrama de causa-efeito	30
3.3.4 Pesquisa bibliográfica	31
3.4 Localização de produtos	34
3.4.1 Agrupamento por famílias	34

3.4.2	Análise da correlação da procura	35
3.4.3	Análise ABC	36
3.4.4	Alocação de espaços aos produtos	37
3.4.5	Pesquisa bibliográfica.....	38
3.5	Conclusões do capítulo	40
4.	Implementação da contagem cíclica	41
4.1	Seleção da metodologia de contagem	42
4.2	Método da população em decréscimo e da seleção aleatória.....	43
4.3	Resultados	44
4.4	Baixa precisão no inventário, principais causas	45
5.	Melhoria do layout.....	48
5.1	Configuração da área e operação do Cliente X.....	48
5.2	Análise ABC	50
5.3	Análise da correlação da procura	53
5.4	Mudança de layout	55
5.5	Resultados	57
6.	Conclusão	63
6.1	Conclusões finais	63
6.2	Recomendações e trabalho futuro.....	65
	Referências	68
	Anexos	74
	Anexo A - Mercadorias transportadas por modo de transporte em Portugal entre 2015 e 2018 (unidade: 10 ³ Ton, adaptado de Instituto Nacional de Estatística, 2019)	74
	Anexo B - Empresas do grupo Torrestir e suas características (Torrestir, 2019a)	75
	Anexo C - Layout do armazém da Azambuja	76
	Anexo D - Exemplo de perfil de correlação da procura numa empresa de venda de vestuário (Frazelle, 2002)	78
	Anexo E - Obtenção de resultados para categorização ABC através da colocação de Artigos por Popularidade (Muller, 2011)	79
	Anexo F - Análises ABC	80
	Anexo G - Análise da correlação da procura (uma amostra das 1.081 combinações geradas)	86

Lista de figuras

Figura 1 - Fase 1 da metodologia utilizada na parte prática.....	3
Figura 2 - Fase 2 da metodologia utilizada na parte prática.....	3
Figura 3 - Quantidade de toneladas transportadas em Portugal nos três principais modos de transporte (valores em milhões de toneladas, adaptado de INE, (2019)).....	5
Figura 4 - Cronologia dos marcos mais importantes na história do grupo Torrestir (adaptado de Torrestir, 2019b)	7
Figura 5 - Armazéns e plataformas de apoio às operações em Portugal continental (informação retirada de Torrestir (2019c)).....	9
Figura 6 - Descrição do processo de receção	10
Figura 7 - Descrição do processo de picking	11
Figura 8 - Descrição do processo de expedição	11
Figura 9 - Estrutura organizacional do armazém.....	12
Figura 10 - Processo de gestão da logística (Christopher, 2011).....	17
Figura 11 - Exemplo de diagrama causa-efeito (adaptado de Slack et al. 2018)	30
Figura 12 - Distribuição típica do tempo nas operações de picking (Frazelle, 2002)	34
Figura 13 - Possíveis configurações das classes dos artigos num armazém em forma de U. a) cada classe num corredor; b) classes distribuídas por corredores (de Koster et al., 2007)	38
Figura 14 - Diferença de importância das localizações de armazenamento em armazém em forma de U (Bartholdy & Hackman 2014).....	38
Figura 15 - Exemplo de Lista de contagem	44
Figura 16 - Diagrama de causa-efeito para o problema da baixa precisão de inventário.....	47
Figura 17 - Exemplo de referência de localização.....	49
Figura 18 - Esquema simplificado do layout da área de armazenamento do Cliente X	49
Figura 19 - Esquema ilustrativo da disposição das prateleiras para o Cliente X.....	50
Figura 20 - Exemplo de artigos das famílias a) "Sacas grandes" e b) "Sacas Pequenas"	51
Figura 21 - Gráfico da análise ABC para a família "Sacas pequenas"	53
Figura 22 - Layout da área do Cliente X com a ilustração das localizações de picking antes das alterações no armazém.....	56
Figura 23 - Layout da área do Cliente X com a ilustração das localizações de picking após alterações no armazém	56
Figura 24 - Histograma dos tempos do picking na primeira fase de recolha de tempos	58
Figura 25 - Histograma da quantidade média de artigos por encomenda na primeira fase de recolha de tempos.....	58
Figura 26 - Histograma da quantidade média de unidades por encomenda na primeira fase de recolha de tempos.....	59
Figura 27 - Exemplo de artigos localizados consoante a análise da correlação da procura	60
Figura 28 - Histograma dos tempos do picking na segunda fase de recolha de tempos	60

Figura 29 - Histograma da quantidade média de artigos por encomenda na segunda fase de recolha de tempos.....	61
Figura 30 - Histograma da quantidade média de unidades por encomenda na segunda fase de recolha de tempos.....	61
Figura 31 - Layout da fração B do armazém da TorresLog.....	76
Figura 32 - Layout da fração C do armazém da TorresLog.....	76
Figura 33 - Layout da fração D do armazém da TorresLog.....	76
Figura 34 - Layout da fração E do armazém da TorresLog.....	77
Figura 35 - Layout da fração F do armazém da TorresLog.....	77
Figura 36 - Exemplo de análise ABC	79

Lista de tabelas

Tabela 1 - Benefícios das empresas que utilizaram serviços 3PL em 2012 (Langley, 2012).....	18
Tabela 2 - Descrição dos problemas ao nível de projeto (adaptado de Gu et al., 2007)	19
Tabela 3 - Descrição dos problemas ao nível das operações (adaptado de Gu et al., 2007)	20
Tabela 4 - Cálculo da precisão com a seleção aleatória de artigos (adaptado de Brooks & Wilson (2007))	26
Tabela 5 - Exemplos de contagem cíclica pelo método da população em decréscimo (Muller, 2011).....	27
Tabela 6 - Exemplo de frequência de contagem e cálculo de número de artigos a contar por dia (Muller, 2011)	28
Tabela 7 - Cálculo da percentagem de contagens anuais por classe (Muller, 2011)	29
Tabela 8 - Cálculo do número de SKUs a contar por dia de cada classe (Muller, 2011).	29
Tabela 9 - Pesquisa bibliográfica realizada sobre a contagem cíclica nos últimos 15 anos.....	32
Tabela 10 - Distribuição das percentagens por categoria em termos de vendas (adaptado de Richards (2014)).....	36
Tabela 11 - Dupla análise ABC (Richards, 2014).....	37
Tabela 12 - Pesquisa bibliográfica realizada sobre a análise ABC e agrupamento por famílias nos últimos 10 anos	39
Tabela 13 - Dados da distribuição dos artigos para a contagem cíclica.....	43
Tabela 14 - Resultados da contagem cíclica.....	45
Tabela 15 - Estrato da análise ABC para a família "Sacac pequenas", com os artigos dispostos por ordem decrescente pelos valores da procura.....	52
Tabela 16 - Resultados das análises ABC considerando vários intervalos de tempo	53
Tabela 17 - Análise da correlação da procura.....	54
Tabela 18 - Resultados da primeira fase de recolha de tempos	59
Tabela 19 - Resultados da primeira fase de recolha de tempos	61
Tabela 20 - Comparação dos resultados das duas fases de recolha de tempos	62

Tabela 21 - Dados para o apuramento da poupança nos custos	62
Tabela 22 - Poupança nos custos gerada pelas alterações no layout	62
Tabela 23 - Dados da mercadoria transportada por modo de transporte, em Portugal entre 2015 e 2018	74
Tabela 24 - Empresas do grupo Torrestir	75
Tabela 25 - Exemplo de análise da correlação da procura	78
Tabela 26 - Análise ABC para os artigos da família "Sacac grandes"	80
Tabela 27 - Análise ABC para os artigos da família "Sacac pequenas"	82
Tabela 28 - Amostra da análise da correlação da procura (até ao último par considerado relevante)	86

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

3PL – *Third-party Logistics*

CSCMP – *Council of Supply Chain Management Professionals*

FEFO – *First Expire, First Out*

FIFO – *First In, First Out*

GCA – *Gestão de Cadeias de Abastecimento*

GPS – *Global Positioning System*

INE – *Instituto Nacional de Estatística*

IRA – *Inventory Record Accuracy*

kg – *quilograma*

min – *Minutos*

N.D. – *Não disponível*

PDA – *Personal Digital Assistant*

RFID – *Radio Frequency Identification*

s – *Segundos*

SCIE – *Sistema de Contas Integradas das Empresas*

SKU – *Stock Keeping Unit*

TorresLog – *Torrestir Logística*

WMS – *Warehouse Management System*

1. Introdução

Este capítulo é uma introdução à dissertação desenvolvida, com o título “Melhoria de processos de controlo de inventário e de layout em armazém multicliente: O caso da Torrestir Logística”. Pretende-se que a introdução ofereça uma perspetiva inicial do trabalho desenvolvido ao longo do documento, esclarecendo algumas questões importantes para uma melhor compreensão do caso em estudo. Na secção 1.1 é contextualizado o problema, tendo em conta o âmbito em que a dissertação está inserida. Na secção 1.2 são apresentados os objetivos pretendidos e na secção 1.3 a metodologia utilizada nas várias fases do desenvolvimento da dissertação. Por fim, na secção 1.4 será descrita toda a estrutura do documento.

1.1 Contextualização do problema

Nas cadeias de abastecimento a otimização tem-se revelado essencial para a competitividade das empresas. A concorrência no mercado e a cada vez maior exigência dos clientes, que esperam rapidez e qualidade ao menor custo (Hompel & Schmidt, 2007) obriga a uma melhoria contínua no design e operação das redes de produção-distribuição, o que, por sua vez, exige um maior desempenho dos armazéns (Gu et al. 2007). Os desafios para os sistemas de armazenamento, que representam entre 20 e 30 por cento dos custos totais da logística de uma empresa (Richards, 2018) são cada vez maiores, o controlo de inventário deve ser mais rigoroso, o tempo de resposta menor e a variedade de produtos maior (Gu et al., 2007). Estes fatores têm levado a que muitas empresas transfiram os seus serviços de logística e armazenamento para terceiros, tirando assim partido da sua especialização, tecnologia e mão de obra mais barata (Maltz & Dehoratius, 2004).

A empresa Torrestir Logística (TorresLog), pertencente ao grupo Torrestir, é uma empresa de prestação de serviços de logística, mais concretamente armazenamento, e opera num armazém com cerca de 25.000 m², na Azambuja. Este armazém é multicliente e serve mais de 25 empresas. Toda a gestão do armazenamento é da responsabilidade da TorresLog, que tem de atender às exigências dos clientes, recebendo e enviando material consoante as suas necessidades. Neste contexto, a operação da empresa torna-se algo complexa e deve ser gerida de uma forma rigorosa para que seja possível tirar a máxima rentabilidade do seu armazém. Para isso é necessário haver um grande controlo sobre os custos operacionais, onde os gestores entendem que há muito espaço para melhorar.

De modo a melhorar os custos operacionais, a empresa pretende fazer duas intervenções. Uma consiste na implementação de um novo sistema de controlo de inventário, procurando assim reduzir custos inerentes às discrepâncias entre inventário físico e inventário virtual. A outra intervenção consiste na implementação de um sistema de melhoria das localizações dos produtos, com o objetivo de diminuir os tempos da operação de *picking*. Os custos operacionais são o problema explorado ao longo deste documento, onde primeiro são apresentados vários conceitos que visam a melhoria das operações que a TorresLog pretende ver intervencionadas, e depois a parte prática, onde é explorada a implementação de alguns desses conceitos.

1.2 Objetivos da dissertação

A presente dissertação tem como objetivo principal a implementação de medidas que contribuam de forma positiva para a resolução do problema enfrentado pela empresa Torrestir Logística. Para que o objetivo seja alcançado com sucesso foram definidos vários objetivos operacionais, a serem cumpridos ao longo da realização da dissertação. Esses objetivos são:

- perceber todo o contexto envolvente à empresa TorresLog;
- perceber de forma detalhada o funcionamento do armazém da TorresLog;
- descrever o problema em estudo;
- rever conceitos, assim como estudar a literatura referente a esses conceitos, de modo a aprofundar conhecimento sobre as estratégias a aplicar para a resolução do problema apresentado;
- definir metodologias a aplicar na parte prática da dissertação;
- recolher dados que permitam avaliar desempenhos, antes e depois das alterações realizadas nas operações;
- implementar ações de melhoria e gerar resultados;
- e sugerir propostas de melhoria às operações do armazém em estudo.

1.3 Metodologia

O desenvolvimento desta dissertação está dividido em duas partes, a parte teórica e a parte prática. A metodologia utilizada na primeira parte está ainda dividida em quatro segmentos e é apresentada de seguida.

1. **Descrição do caso de estudo.** Para a descrição do caso de estudo foram realizadas várias visitas ao armazém da empresa Torrestir Logística, na Azambuja. Numa primeira visita foi apresentado à empresa todo o contexto que se pretende para a realização da dissertação e discutidos vários aspetos, entre eles o problema que a empresa pretende ver resolvido. Nas visitas seguintes foi possível acompanhar diretamente a atividade diária do armazém, o que contribuiu para uma boa perceção do funcionamento do mesmo.
2. **Definição de objetivos.** Após ser compreendido o caso de estudo foram definidos vários objetivos operacionais para a realização da dissertação. Pretende-se que estes objetivos sirvam de suporte para o cumprimento do objetivo principal, contribuir para a resolução do problema da empresa.
3. **Contextualização do setor dos transportes e armazenamento, e do grupo Torrestir.** Para a contextualização do setor dos transportes e armazenamento foram feitas pesquisas de estatísticas dos últimos anos relativas a este setor e foi também utilizado conhecimento obtido em conversas com os gestores da TorresLog e nas diferentes unidades curriculares do mestrado. Para aprofundar o conhecimento sobre o grupo onde se insere a empresa em estudo, foi feita uma pesquisa no website do mesmo e obtidos dados junto dos gestores da empresa.

4. **Desenvolvimento da revisão bibliográfica.** Inicialmente foi feita uma pesquisa alargada sobre as temáticas abordadas, com o objetivo de serem encontrados livros e artigos científicos que as explorassem. Depois foi realizada uma pesquisa mais específica, para se perceber o trabalho que tem sido desenvolvido nos últimos anos sobre as metodologias que podem vir a ser implementadas na parte prática da dissertação. Estas pesquisas foram realizadas nos motores de busca “Web of knowledge”, “Scopus” e “Google Scholar”.

Relativamente à segunda parte da dissertação, a parte prática deste estudo, esta está dividida em duas fases. A fase 1 (Figura 1) consiste na avaliação do desempenho das operações do cliente a interencionar, tanto ao nível do controlo de inventário como do *picking*, a operação que sofre um maior impacto com o estado do layout do armazém. Primeiro foi definido o cliente que ia ser alvo de estudo, decisão essa que foi tomada em conjunto com os gestores do armazém. Depois procedeu-se à recolha de dados, quer sejam dados específicos recolhidos no âmbito da dissertação, quer sejam dados históricos guardados pela empresa. Finalmente foi feita uma análise ao desempenho atual do armazém, tendo em conta os dados recolhidos, para no final serem traçadas metas para a segunda fase.



Figura 1 - Fase 1 da metodologia utilizada na parte prática

A fase 2 (Figura 2) consiste na fase de melhoria. No início, tendo em conta a avaliação feita na fase 1, foram implementadas algumas das metodologias estudadas no capítulo da revisão bibliográfica, as que melhor se adaptam ao caso em estudo. Estas metodologias resumem-se a estratégias de melhoria da configuração do armazenamento e a medidas de controlo de inventário, para o cliente escolhido. Depois foram recolhidos dados, já com o “novo funcionamento” do armazém. Esses dados são analisados e avaliados tendo em conta vários indicadores de desempenho. Nessa análise também é feita uma comparação com os dados recolhidos anteriormente, para se perceber o impacto das mudanças implementadas e se os objetivos traçados na fase 1 foram atingidos. Por fim são feitas propostas para um melhor funcionamento do armazém, tendo em conta os resultados obtidos neste trabalho.



Figura 2 - Fase 2 da metodologia utilizada na parte prática

1.4 Estrutura do documento

De forma a alcançar os objetivos propostos, esta dissertação é composta por seis capítulos que estão estruturados da seguinte forma:

Capítulo 1 – Introdução. No capítulo introdutório é feita uma contextualização geral da dissertação. São apresentados os objetivos, a metodologia seguida e a estrutura do documento.

Capítulo 2 – Caso de estudo. Numa fase inicial deste capítulo é feita uma contextualização do caso de estudo, sendo descrita a situação atual do setor dos transportes e armazenamento em Portugal e na Europa, e apresentados o grupo Torrestir e a empresa TorresLog. Após a contextualização é descrito o funcionamento do armazém da empresa e é apresentado o problema que vai ser alvo de estudo.

Capítulo 3 – Revisão bibliográfica. No capítulo da revisão bibliográfica é feita uma ligação entre conceitos teóricos e casos práticos, relacionados com a empresa e com o problema com que esta se depara. Para isso é apresentada uma pesquisa de artigos científicos e outra literatura sobre diversas temáticas relacionadas com o caso de estudo, de forma a servirem de apoio às implementações práticas dos capítulos 4 e 5.

Capítulo 4 – Implementação da contagem cíclica – No capítulo 4 inicia-se a explicação da parte prática desta dissertação. Este capítulo aborda a implementação da contagem cíclica, sendo que inicialmente são explicadas as restrições à implementação e algumas decisões importantes, como as metodologias a utilizar. São ainda apresentados os resultados e as possíveis causas para o surgimento de erros na precisão do inventário.

Capítulo 5 – Melhoria do layout. Ainda relativamente à parte prática da dissertação, no capítulo 5 são explicadas as metodologias aplicadas para a melhoria do layout. É feita uma comparação entre a alocação dos artigos nas localizações de *picking* antes e depois das alterações, e são apresentados os resultados obtidos.

Capítulo 6 – Conclusão. Este é o último capítulo do documento. Na conclusão é abordado o contexto em que a dissertação se realizou e são salientados os aspetos mais importantes da mesma. São também apresentados os resultados e conclui-se se os objetivos propostos foram atingidos ou não. Por fim são feitas recomendações de melhoria e de trabalho futuro.

2. Caso de estudo

Pretende-se que o presente capítulo sirva de base para uma melhor compreensão do objetivo desta dissertação e para isso, tem como propósito apresentar o problema que é alvo de estudo, enfrentado pela empresa TorresLog. Inicialmente, na secção 2.1, é feita uma contextualização sobre o estado do setor dos transportes e armazenamento, em Portugal e na Europa, uma vez que este é o setor de atividade do grupo Torrestir. Depois, na secção 2.2 é apresentado o grupo Torrestir, a empresa TorresLog e o seu armazém na Azambuja (secções 2.3 e 2.4 respetivamente). Por fim, na secção 2.5 é apresentado o problema para o qual a Torrestir Logística procura uma resolução.

2.1 Setor dos transportes e armazenagem em Portugal e na Europa

Segundo os resultados preliminares do Sistema de Contas Integradas das Empresas (SCIE), o número de empresas no setor dos transportes e armazenagem em Portugal, onde se incluem as empresas do grupo Torrestir, situou-se em 25,1 milhares em 2018, um crescimento de 9,7% em relação ao ano anterior. Ao nível do emprego, neste setor, houve um aumento de 4,7% em 2018, mantendo-se a tendência de crescimento, mais 4,1% do que em 2017. O volume de negócios registou também um crescimento em 2018 de 6,7%, ascendendo a um total de 21,8 mil milhões de euros (Instituto Nacional de Estatística, INE, 2019).

O grupo Torrestir tem empresas especializadas no transporte rodoviário e no apoio aos transportes marítimo e aéreo, três dos modos de transporte de mercadorias mais utilizados em Portugal. Relativamente à atividade do setor dos transportes e armazenagem, no transporte de mercadorias o modo de transporte que teve maior predominância em Portugal foi o rodoviário, com um aumento de 0,1%, para 157,8 milhões de toneladas transportadas (Figura 3). Segue-se o marítimo, que registou uma redução do volume de mercadorias transportadas, menos 3,4%, invertendo a tendência de crescimento que vinha a ser registada. No transporte aéreo verificou-se um abrandamento no transporte através de aeroportos nacionais face ao ano anterior (INE, 2019). No

Anexo **A** são apresentados os dados dos últimos anos em Portugal, para os 4 principais modos de transporte (rodoviário, marítimo, ferroviário e aéreo).

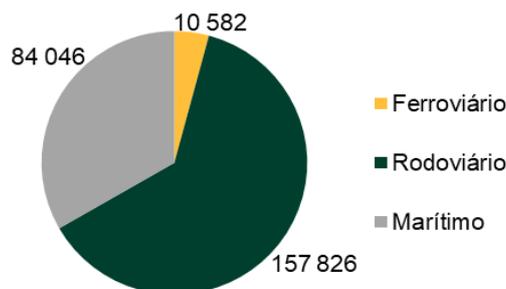


Figura 3 - Quantidade de toneladas transportadas em Portugal nos três principais modos de transporte (valores em milhões de toneladas, adaptado de INE, (2019))

Ao nível europeu o transporte rodoviário é também o modo de transporte mais utilizado no transporte de mercadorias, sendo responsável por 75,1% dos transportes. Segundo o Eurostat (2019) estes valores têm-se mostrado estáveis desde 2012. O segundo modo de transporte mais utilizado é o marítimo com 16,8%, seguindo-se o ferroviário com 8% e o aéreo apenas com 0,1%.

Quanto à armazenagem, segundo de de Koster et al.(2007) , em 2007 mais de 80% dos armazéns na Europa Ocidental ainda seguiam o método tradicional de recolha de produtos. Este método consiste numa pessoa (*order-picker*) que percorre um percurso dentro do armazém de modo a recolher os produtos encomendados. Contudo, o paradigma tem vindo a mudar nos últimos anos, principalmente devido às novas tendências de compra e venda, como o comércio online. Este tipo de comércio tem vindo a sofrer um grande aumento no volume de vendas na última década e com isso deu origem a novos métodos de armazenagem um pouco por todo o mundo. O comércio online é particular e Boysen et al. (2019) enumeram algumas das suas principais características:

- pequenas encomendas;
- grande variedade;
- e prazos de entrega reduzidos.

O conceito de *omnichannel* (a utilização de mais do que um canal de venda), que está cada vez mais presente nas cadeias de abastecimento, também tem levado a mudanças nos armazéns. Esta é uma tendência que defende a venda de produtos aos clientes através de múltiplos e diferentes canais de distribuição (por exemplo online e offline). Isto obriga a que os armazéns tenham operações adaptadas aos diferentes tipos de procura, por exemplo, para grandes e pequenas encomendas (Boysen et al., 2019).

As mudanças na gestão do stock dos armazéns também tem sido outro fator para as mudanças dos últimos anos. Com o objetivo de reduzir custos, os armazéns têm adaptado os seus processos para que seja possível reduzir inventários, mantendo o nível de serviço aos clientes elevado. A integração das cadeias de abastecimento ou o desenvolvimento das tecnologias de informação têm contribuído para esta nova mentalidade. A implementação das filosofias *Pull*, *Just in time* e os armazéns de *cross-docking* também contribuem para a redução de stocks nos armazéns (Kovács & Kot, 2016).

Estas mudanças na oferta e na procura têm levado à alteração de mentalidades na gestão do armazenamento dos produtos por parte das grandes empresas, tanto a nível mundial como a nível europeu. Em Portugal já se veem algumas empresas a adotar processos e sistemas de armazenamento mais automatizados, contudo isto acontece em mercados mais específicos, como o farmacêutico, por exemplo. Nas empresas da área da logística também já começa a existir alguma automação, mas ainda com pouca abrangência de produtos.

2.2 O grupo Torrestir

O grupo Torrestir é um grupo que detém várias empresas do ramo da logística, especializadas no transporte (nacional e internacional), armazenamento e distribuição de matérias primas e ainda na prestação de serviços alfandegários. Fundado em 1962 o grupo conta já com mais de 55 anos de experiência e de adaptação às mudanças e exigências do mercado, o que lhe permitiu abrir portas para atualmente operar em todo o mundo, sendo um dos maiores grupos logísticos em Portugal. Ao longo destes anos foram vários os marcos atingidos pelo grupo, desde abertura de novas instalações à fundação de novas empresas (Figura 4, (Torrestir, 2019b)).



Figura 4 - Cronologia dos marcos mais importantes na história do grupo Torrestir (adaptado de Torrestir, 2019b)

Ao nível da sustentabilidade o grupo foca-se em três importantes pilares que têm por base os valores presentes diariamente no seu seio. Esses pilares contribuem para o constante crescimento das empresas e para sustentar a boa imagem que procuram ter perante os colaboradores, clientes e sociedade (Torrestir, 2019f). Os três pilares são:

- A nível **económico** há uma preocupação especial na proatividade com as empresas parceiras para que, em conjunto, encontrarem soluções inovadoras e as implementem. O objetivo é manter e ampliar a competitividade para a concorrência, garantindo os compromissos acordados e cumprindo os requisitos legais.
- **Socialmente** o grupo promove as relações interpessoais entre colaboradores ao preparar ações de *team building* e eventos para a entrega de prémios. A formação dos mais de 2.000 colaboradores, assim como a sua sensibilização para a partilha de ideias que possam melhorar o desempenho da gestão, é também uma preocupação ao nível da sustentabilidade social.
- O **ambiente** é uma responsabilidade assumida pela empresa e seus colaboradores. Há uma preocupação constante em sensibilizar os colaboradores para a redução da produção de resíduos, do consumo de energia, ou de outras fontes de poluição, assim como a implementação do conceito de ecoeficiência. Este conceito consiste numa cultura de gestão que procura implementar melhorias ambientais com benefícios económicos. Anualmente são reciclados 63% dos resíduos produzidos pelas empresas do grupo e há uma preocupação em adquirir veículos amigos do ambiente, tendo uma frota com mais de 1.600 viaturas e uma idade média de três anos. A renovação dos veículos por outros com consumos mais otimizados faz

com que haja uma redução média anual do consumo de combustível equivalente à circulação de 952 carros ligeiros, no mesmo intervalo de tempo.

A presença dos serviços da Torrestir é notada em diferentes setores, entre eles o do retalho alimentar e de bebidas, e dos produtos perecíveis. O grupo também presta serviços diferenciados ao setor dos fármacos e cuidados de saúde. Setores como o da moda, da tecnologia, das energias renováveis ou o automóvel estão também presentes na atividade diária das empresas do grupo. Para maximizar o nível de serviço, a Torrestir dispõe de plataformas estrategicamente localizadas por todo o país, assim como uma diversidade de viaturas que permitem entregas a qualquer hora, salvaguardando a integridade dos produtos, prolongando a sua vida útil e minimizando o desperdício (Torrestir, 2019e).

Segundo dados fornecidos pela empresa, por ano, as várias empresas do grupo realizam mais de cinco milhões de entregas, o que corresponde a mais de 60 milhões de unidades e mais de um milhão de paletes. Para chegar a estes resultados, o grupo Torrestir alberga várias empresas do ramo da logística e cadeias de abastecimento, oferecendo uma elevada gama de serviços aos seus clientes (Torrestir, 2019a). Esta vasta gama de soluções tem contribuído para que o seu volume de negócios venha a crescer consecutivamente nos últimos 10 anos, tendo sido de 124 milhões de euros em 2010 e em 2018 já era de 200 milhões de euros. O Anexo B descreve as empresas do grupo (Torrestir, 2019a), que são as seguintes:

- Torrestir Logística;
- Contentorres;
- Torrestir Transitários;
- Frigotir;
- Torresduana;
- Torrestir Espanha;
- Torrestir Deutschland;
- Torrestir Moçambique.

2.3 Torrestir Logística

Fundada em 2001, a Torrestir Logística é uma das principais empresas do grupo Torrestir e oferece soluções adaptadas às necessidades de cada cliente ao nível do armazenamento de produtos, contando com mais de 90.000 m² de área para armazenamento. Trabalha com um leque muito variado de clientes que vão desde o setor dos eletrodomésticos até ao da comida animal. A empresa tem como objetivos fornecer aos seus clientes serviços integrados de gestão das cadeias de abastecimento, oferecer soluções específicas para as necessidades de cada cliente ou ainda prestar serviços de valor acrescentado, isto tendo por base a gestão do armazenamento dos produtos. Relativamente aos serviços de valor acrescentado, alguns exemplos são: a divisão de lotes; a montagem de kits; ou a etiquetagem. Serviços de suporte a operações de exportação, tendo uma zona alfandegada, contribuem para que a empresa distribua os mais variados produtos para diversos pontos do mundo (Torrestir, 2019d).

De modo a acompanhar as mudanças do mercado e as exigências dos clientes a Torrestir Logística também presta serviços de suporte a vendas on-line, fazendo a gestão de armazéns virtuais e com sistemas eficientes de preparação de unidades (Torrestir, 2019d).

A TorresLog dispõe de plataformas informáticas e sistemas de comunicação que permitem um contacto constante com os seus clientes e permitem também que estes acompanhem ao minuto o estado dos seus produtos. Serviços como a gestão do inventário, segundo os vários tipos de disciplina possíveis (por exemplo, FIFO ou FEFO), a expedição de encomendas multicanal, podendo ocorrer em paletes completas ou em dimensões inferiores, até à unidade, ou ainda processos de logística inversa estão presentes no funcionamento diário dos seus armazéns. Para o apoio destes processos a empresa utiliza um Sistema de Gestão de Armazéns (*Warehouse Management System - WMS*) adaptado a cada uma das suas operações (Torrestir, 2019d).

Para oferecer o melhor serviço aos clientes a TorresLog conta com o apoio de vários centros de distribuição (filiais), dedicados especialmente ao *cross-docking*, e com vários armazéns, localizados estrategicamente no território de Portugal continental (Figura 5). As plataformas de *cross-docking* servem como um apoio mais próximo dos clientes, recebendo camiões com encomendas da mesma região, que depois vão ser separadas e carregadas em veículos de menor dimensão para serem transportadas para o respetivo destino. Com esta rede completa de distribuição em Portugal a empresa procura responder com a máxima urgência e flexibilidade, para garantir os *timings* exigidos pelas marcas e empresas. Para além destas plataformas em Portugal continental a empresa conta ainda com plataformas nos Açores, Madeira, Espanha, Alemanha e Moçambique.

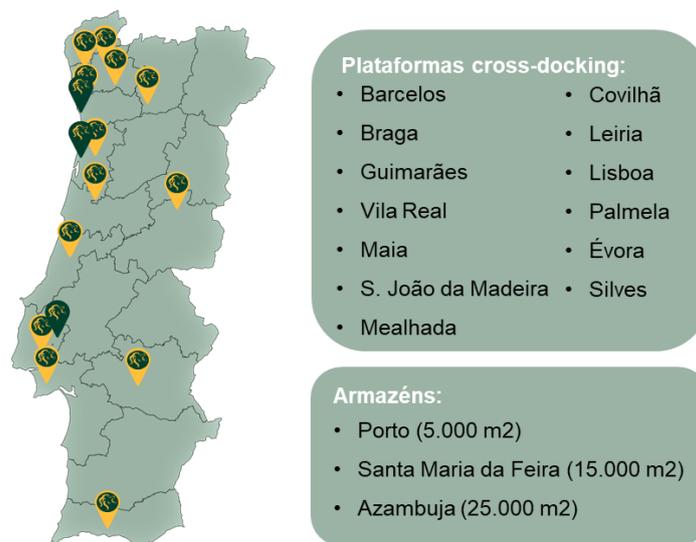


Figura 5 - Armazéns e plataformas de apoio às operações em Portugal continental (informação retirada de Torrestir (2019c))

2.4 Processos do armazém da Azambuja

O principal armazém da Torrestir Logística está localizado na Azambuja e presta serviços a mais de 25 clientes. Este armazém tem um layout em forma de U, o que significa que os cais de saída da mercadoria são os mesmos da entrada. Tem uma área total de 25.000 m² dividida em 5 frações (B, C, D, E e F, a fração A do edifício pertence a outra entidade) de 5.000 m², e conta com 31.000 localizações de paletes divididas por 79 filas (no Anexo C é possível ver ao pormenor este layout). As frações B e C são multicliente e é onde se encontram vários clientes do setor alimentar, como empresas de azeite ou óleo. No entanto a fração B dispõe ainda de uma zona de *co-packing* onde são prestados serviços de valor acrescentado como etiquetagem ou reembalagem e a C dispõe de 500 m² de zona alfandegária. As frações D e E são monocliente e destinam-se a dois clientes do ramo da comida animal e dos ar-condicionados, respetivamente. Por fim a fração F comporta todos os clientes com produtos não alimentares. As frações B e E têm ainda uma área sem prateleiras, dedicada ao *block stacking* (tipo de armazenamento onde os artigos não são armazenados em prateleiras, mas sim em cima uns dos outros). Apesar desta divisão as frações estão ligadas umas às outras, havendo movimentação de equipamentos e colaboradores entre os diferentes espaços. Para além dos serviços de armazenamento, neste armazém a TorresLog presta ainda serviços de *cross-docking* a três clientes, para os quais não reserva espaço de armazenamento.

A atividade diária do armazém, que opera desde as 7 horas da manhã até à 1 hora da manhã, está dividida em três fases principais, *receção*, *picking* (recolha de produtos) e expedição, descritas nas Figura 6 a Figura 8.



Figura 6 - Descrição do processo de **receção**

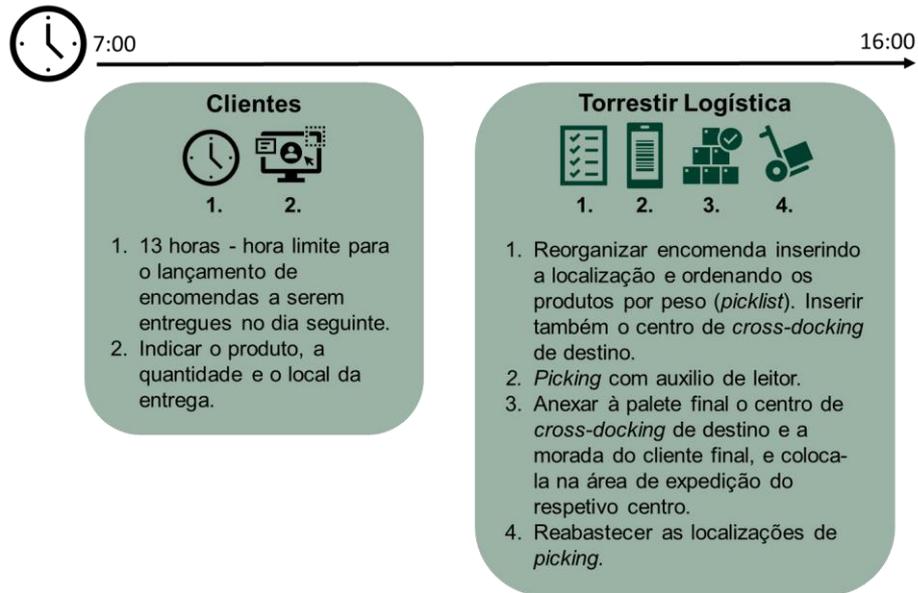


Figura 7 - Descrição do processo de **picking**



Figura 8 - Descrição do processo de **expedição**

Para apoiar estas operações o armazém possui um variado parque de máquinas com cerca de 36 equipamentos, que consistem em porta paletes elétricos e manuais, *order pickers*, retráteis, *pallet stackers*, robôs para filmar paletes, máquinas de cintar paletes, entre outros. Ao nível dos recursos humanos o armazém tem cerca de 70 colaboradores e está estruturado de forma funcional tal como apresentado na Figura 9. Na parte superior da hierarquia está o diretor geral da logística e na inferior as equipas de trabalho, que estão divididas por operações e por frações do armazém. As equipas das operações de preparação destinam-se à receção, arrumação, reposição, *picking* e preparação. A equipa de expedição tem como função apenas a colagem das faturas nas paletes e o carregamento das cargas para expedir para as filiais.

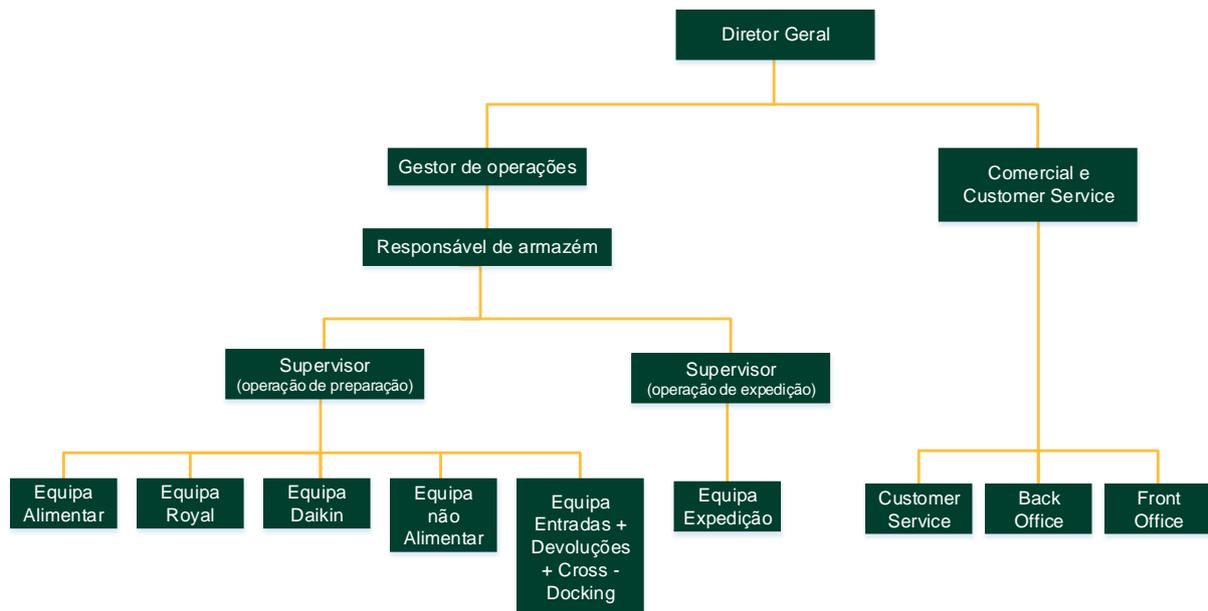


Figura 9 - Estrutura organizacional do armazém

2.5 Especificação do problema

Numa empresa prestadora de serviços *Third party logistic* (3PL), como a TorresLog, os custos operacionais têm uma influência muito grande em toda a gestão dos armazéns. No caso do armazém em estudo, os responsáveis pela sua gestão têm-se deparado com o problema do elevado valor desses custos, diminuindo assim a rentabilidade do armazém. Esta rentabilidade é um fator crítico para a saúde financeira da empresa, correspondendo, neste caso, ao valor que o cliente paga por uma determinada área menos o custo dessa área ocupada. Os custos correspondentes a essas áreas (onde aos custos operacionais corresponde uma grande percentagem) são o fator que poderá fazer variar mais a rentabilidade, havendo dois cenários principais:

- se os custos forem elevados a rentabilidade da empresa será baixa, o que poderá tirar capacidade para novos investimentos ou para se manter competitiva perante a concorrência, uma vez que poderá ter de aumentar o preço aos clientes;
- se os custos forem baixos a rentabilidade poderá ser maior e com isso haverá mais capacidade para novos investimentos, mas também haverá mais capacidade para baixar os preços aos clientes e assim manter-se mais competitiva perante a concorrência.

Tendo em conta que os custos operacionais são aqueles que a empresa melhor consegue controlar, esta pretende reduzi-los, através da implementação de algumas medidas que visam a melhoria dos seus processos. Essas medidas passam pela implementação de estratégias de controlo de inventário e de localização de produtos, que serão especificadas nas secções seguintes (2.5.1 e 2.5.2).

2.5.1 Controlo de inventário

O controlo de inventário é um processo que quando não é feito da forma mais correta pode originar custos muito elevados para os armazéns. Neste aspeto a empresa tem verificado que os valores da precisão no registo de inventário, que é a comparação entre o inventário real, no armazém, e o inventário virtual, no sistema de gestão, não correspondem ao esperado. Os gestores do armazém acreditam que o facto de estes valores não baterem certo e de originarem elevadas imprecisões se deve essencialmente a erro humano. Ao nível da mão de obra os erros podem surgir em vários processos, sendo os seguintes os mais prováveis:

- **Picking de quantidades erradas** – Para o mesmo produto, em diferentes encomendas, a quantidade encomendada pode corresponder a uma simples unidade, a caixas com várias unidades, a paletes inteiras ou a combinações que obriguem a uma contagem mais cuidada. Estas diferenças podem levar a que no ato do *picking* sejam retiradas quantidades erradas.
- **Erros na identificação da localização** do produto – Quando os produtos chegam ao armazém é suposto que a todos seja atribuída uma localização, como foi descrito na secção 2.4. Neste procedimento pode acontecer um operador levar uma paleta para uma localização sem que tenha sido gerado um código para a mesma. Pode também acontecer o operador fazer corresponder à paleta o código de uma localização que não corresponde à correta. Estes dois tipos de erros acabam por fazer com que os produtos fiquem perdidos no armazém por períodos indeterminados de tempo.
- **Contagens mal feitas** no processo de controlo de inventário – Um produto, principalmente quando tem uma procura elevada, pode estar localizado em vários sítios, sobretudo para reabastecimento das zonas de *picking*. Se o operador, por algum motivo, não for a alguma das localizações onde o produto está armazenado, a contagem deste vai ser mal feita e os dados não vão corresponder à realidade.

Apesar de toda a gestão interna que tem de ser feita por parte da Torrestir, a gestão dos stocks é totalmente feita pelos clientes. A empresa tem uma *interface* com cada cliente onde estes inserem os dados logísticos dos produtos a serem recebidos no armazém (dimensões do produto ao nível de volume e peso, número de unidades por caixa, número de caixas por camada e número de camadas por paleta). Nesta plataforma os clientes inserem as quantidades que vão ser enviadas, informação essa que fica sujeita a confirmação aquando da chegada, para que a existência de eventuais erros seja prontamente detetada. A saída dos produtos também é gerida pelos clientes, informando apenas a TorresLog das quantidades a enviar. À responsabilidade do armazém fica garantir a capacidade de armazenamento contratada por cada cliente e fazer a gestão interna dos produtos para que não ocorram falhas no armazenamento.

A Torrestir Logística tem neste momento um plano de controlo de inventário que não está a permitir minimizar imprecisões. Estas imprecisões no inventário fazem aumentar os custos para a empresa, o que provoca um impacto negativo na rentabilidade do armazém. Alguns dos custos podem ter origem em roturas de stock ou em localizações de armazenamento que estão ocupadas com produto em excesso, muitas vezes consequências das discrepâncias entre o stock real existente e o que está

inserido no sistema. Estes custos podem ainda ter origem em multas aplicadas pelo cliente, quando os registos de stock do cliente e do armazém não batem certo.

2.5.2 Localização dos produtos

A localização dos artigos nos armazéns tem-se revelado um fator cada vez mais importante na operação. Quando os artigos são alocados de forma a que as operações (principalmente o *picking*) tenham melhores desempenhos, as empresas podem conseguir melhorar a eficiência global dos seus armazéns. No caso da TorresLog há centenas de encomendas para satisfazer por dia, e por isso, os gestores do armazém acreditam que uma melhoria na localização dos artigos, de modo a diminuir os tempos da operação de *picking*, poderia ter um impacto positivo muito significativo nas operações. Riscos como o de não satisfazer todas as encomendas previstas para um determinado dia seriam menores, uma vez que as operações iam demorar menos tempo. Sendo os custos operacionais o problema exposto pelos gestores da empresa, estes acreditam que a redução do tempo das operações pode contribuir de forma positiva para a redução desses custos. Pode, por exemplo, surgir a possibilidade de colocar menos colaboradores na operação de *picking*, colocando-os noutras operações, como o controle de inventário referido na secção 2.5.1.

No armazém em estudo, as mercadorias são armazenadas num sistema por zonas, onde cada zona corresponde a um cliente. Contudo, dentro dessas zonas a localização de cada produto é feita de forma quase aleatória, não estando posicionados conforme nenhuma teoria que melhore a eficiência das operações do armazém. Nos casos em que há algum critério para a arrumação, o controlo não é constante, o que também acaba por causar pouca eficiência.

A melhoria da localização dos produtos no seu armazém é uma preocupação cada vez maior na TorresLog, que, face à crescente exigência dos seus clientes, procura constantemente soluções para melhorar as suas operações. Existem várias metodologias que têm o objetivo de alocar os artigos na melhor localização dentro da zona de armazenamento. No capítulo 3 essas metodologias são apresentadas e estudadas, com o objetivo de perceber quais se adaptam melhor à realidade do armazém da em estudo.

2.6 Conclusões do capítulo

Após as análises feitas no presente capítulo ao estado do setor dos transportes e armazenamento em Portugal e na Europa, ao grupo Torrestir e à empresa Torrestir Logística, é possível concluir que o grupo está a seguir uma estratégia logística adequada. Tem as suas instalações estrategicamente localizadas, trabalha com os modos de transporte mais importantes, tanto em Portugal como na Europa, e procura permanentemente otimizar os seus processos de armazenamento. É essa procura constante por otimizar os processos de armazenamento que leva à deteção de oportunidades de melhoria e de erros que podem estar a criar problemas aos processos. Desta forma, o grupo mantém-se entre os melhores da sua área de negócio.

Este capítulo teve como objetivo principal perceber toda a envolvimento do caso que está a ser alvo de estudo. Para isso é feita uma descrição aprofundada do funcionamento do armazém da Torrestir Logística. Ao analisar o armazém é possível verificar que este tem uma estrutura organizacional muito bem definida, apesar da complexidade inerente ao seu funcionamento. Contudo, é também possível verificar que ao nível operacional ainda existem falhas e é aí que surge o problema. Os custos operacionais são elevados, influenciando de uma forma direta a rentabilidade das localizações de armazenamento. Existe a consciência de que várias causas poderão contribuir para esse problema, mas para combater estes custos, e assim aumentar a rentabilidade, foram identificados dois fatores que podem estar a afetar o bom desempenho do armazém e onde a empresa pretende intervir primeiro. Esses fatores são:

- 1) Fraco controlo de inventário;
- 2) Estratégias de localização dos produtos pouco eficientes.

Relativamente ao primeiro fator, de forma a melhorar o fraco controlo de inventário, pretende-se estudar e implementar estratégias que ajudem a aferir a precisão real do inventário do armazém, ou seja, as diferenças entre a quantidade de stock físico e virtual. Pretende-se também perceber quais as causas que podem estar a originar baixos valores nessa precisão. Relativamente ao segundo fator, um dos processos de armazenamento mais críticos no que diz respeito a tempo e custos é o *picking* (Grosse et al., 2017), por isso uma localização dos produtos pouco eficiente poderá gerar perdas muito elevadas. Chegou-se então à conclusão de que para evitar estas perdas, a implementação de metodologias de localização de produtos pode ser uma mais valia.

No capítulo seguinte é feita uma revisão bibliográfica onde são abordadas estratégias de melhoria tanto do controlo de inventário como da localização dos produtos, que servem de base para a parte prática da dissertação.

3. Revisão bibliográfica

No presente capítulo é apresentada a revisão da literatura que serve de apoio à resolução do problema dos custos operacionais no armazém da TorresLog, problema detalhado no capítulo 2. É feita uma ligação entre conceitos teóricos e casos práticos de forma a aprofundar conhecimento e a perceber qual a viabilidade de implementação de algumas metodologias no armazém em estudo. Numa primeira fase, na secção 3.1, foi feito um enquadramento sobre a gestão da cadeia de abastecimento, pormenorizando os conceitos de logística e empresas *third party logistic*. Na secção 3.2 é feita uma contextualização sobre armazéns, sendo abordadas algumas questões do seu funcionamento e gestão. Na secção 3.3 é apresentado de forma aprofundada o conceito de contagem cíclica (uma estratégia de controlo de inventário) e as várias metodologias de implementação. É também apresentada uma ferramenta que tem como objetivo perceber as causas que geram problemas no controlo do inventário, na secção 3.3.3. Na secção 3.3.4 são apresentados vários artigos dos últimos anos onde foi posto em prática o conceito de contagem cíclica. Por fim na secção 3.4 é discutida a importância de uma correta localização dos produtos no armazém para depois serem detalhadas estratégias que contribuem para o correto armazenamento nas localizações de *picking*. Essas estratégias são o agrupamento familiar, a análise da correlação da procura, e análise ABC. São também apresentados vários artigos dos últimos anos referentes a estes métodos, na secção 3.4.5.

3.1 Gestão da cadeia de abastecimento

Uma cadeia de abastecimento é um canal, no processo logístico, onde o movimento de material e o intercâmbio de informações vão desde a aquisição da matéria-prima até à entrega dos produtos acabados ao consumidor final. Todos os fornecedores, prestadores de serviços e clientes são elementos da cadeia de abastecimento ligando assim muitas empresas entre si (*Council of Supply Chain Management Professionals, CSCMP, 2013*).

Segundo Gibson et al (2005) o conceito de Gestão de Cadeias de Abastecimento (GCA) está a passar por um processo de maturação sobre o que deverá ou não estar incluído no referido conceito. Uma das definições que tem servido de base para as mais recentes discussões, desenvolvida pelo CSCMP, defende que a Gestão da Cadeia de Abastecimento engloba o planeamento e gestão de todas as atividades envolvidas no fornecimento e aquisição, a transformação e todas as atividades de gestão logística. Para além disto conduz a coordenação dos processos e atividades com e entre marketing, vendas, design de produtos, finanças e tecnologia de informação. É importante destacar que também inclui coordenação e colaboração com parceiros do mesmo canal, que podem ser fornecedores, intermediários, prestadores de serviço 3PL, e clientes. Ou seja, a gestão de cadeias de abastecimento integra a gestão da oferta e da procura, sendo uma função integradora com responsabilidade por ligar as principais funções e processos de negócio dentro e entre empresas num modelo de negócio coeso e de alto desempenho (CSCMP, 2013).

3.1.1 Logística

Logística pode ser definida como uma ciência relativa ao movimento eficiente dos fluxos de materiais e informação (Meidutė, 2005). Ou seja, segundo o CSCMP (2013) é a parte da cadeia de abastecimento relativa aos processos de planejamento, implementação e controle de procedimentos para o transporte e armazenamento eficiente e eficaz de mercadorias, desde o ponto de origem até ao ponto de consumo (Figura 10, Christopher (2011)). Christopher (2011) acrescenta que esses processos devem ser realizados de forma a atingir os níveis de serviço e qualidade desejados pelo cliente ao menor custo possível. Estes fatores levam a que cada vez mais empresas evitem os departamentos internos de logística (passando essa responsabilidade para empresas 3PL, por exemplo), de modo a concentrar recursos financeiros e humanos para o desenvolvimento das suas principais atividades comerciais, bem como proporcionar flexibilidade para colmatar mudanças nas exigências do negócio (Batarliene & Jarašuniene, 2017).

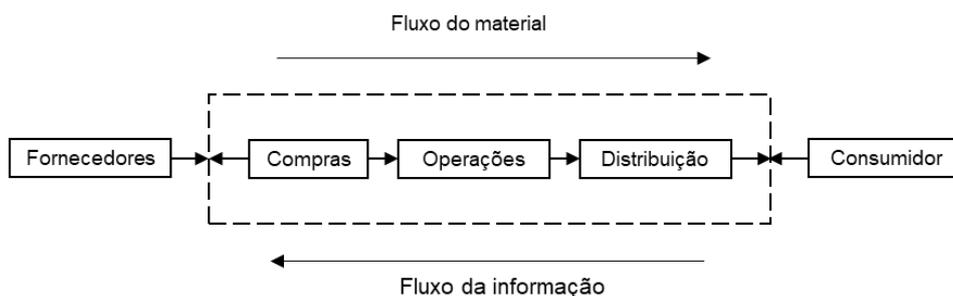


Figura 10 - Processo de gestão da logística (Christopher, 2011)

3.1.2 Third Party Logistics

Atualmente, há uma tendência por parte das empresas para eliminar atividades paralelas, isto é, atividades que não são o negócio principal da empresa mas que são necessárias, transferindo-as para empresas especializadas. Esta realidade deu origem ao conceito de *Third Party Logistics*, que consiste na transferência das atividades logísticas de uma determinada empresa para outra que é especializada nesses serviços (Batarliene & Jarašuniene, 2017). Ao eliminar essas atividades paralelas uma empresa evita um elevado investimento de capital, por exemplo em armazéns, reduzindo assim custos desnecessários (Fan & Wang, 2018).

O transporte e armazenamento de produtos são as duas funções básicas da logística, contudo, os fornecedores de serviços de 3PL diferenciam-se por oferecerem novos serviços de valor acrescentado e soluções abrangentes para a cadeia de abastecimento (Shi et al., 2016). Segundo Batarliene & Jarašuniene (2017) estas empresas realizam operações como a entrega de mercadorias, armazenamento, montagem, etiquetagem, reembalagem, carregamento, distribuição e cobrança, transmitindo sempre ao cliente os dados recolhidos. Estes serviços de valor acrescentado ajudam os prestadores de serviços 3PL a criar novas fontes de receita e a proporcionar retornos financeiros muito mais elevados (Shi et al., 2016). A qualidade com que estes prestadores de serviço realizam estas operações podem ser avaliadas com base em vários fatores, sendo alguns deles a redução de custos, parâmetros operacionais, uso de tecnologias de informação, flexibilidade, gestão da qualidade ou a

colaboração com clientes. A importância de cada um destes fatores pode variar consoante as pretensões das empresas que procuram o serviço (Batarliene & Jarašuniene, 2017).

A Tabela 1 apresenta alguns benefícios conseguidos pelas empresas ao utilizarem serviços 3PL em 2012. Os resultados apresentados indicam que a escolha das empresas em transferir as suas atividades logísticas para empresas 3PL pode trazer grandes vantagens. Portanto, ao reduzir os custos logísticos, o dinheiro economizado pode ser investido no desenvolvimento do negócio, o que pode resultar em maiores lucros e maior vantagem competitiva (Batarliene & Jarašuniene, 2017).

Tabela 1 - Benefícios das empresas que utilizaram serviços 3PL em 2012 (Langley, 2012)

Benefícios		Resultado
Redução nos custos de logística		13 %
Redução no custo de inventário		9%
Taxa de preenchimento do pedido	Mudou de	70%
	Mudou para	79%
Precisão do pedido	Mudou de	80%
	Mudou para	87%

Segundo o estudo “2020 Third-party logistics” 73% das empresas fornecedoras recorrem a empresas 3PL para os seus serviços de armazenamento, valor que registou um aumento 4% em relação ao ano anterior. Em relação aos transportes, 73% das empresas contratam 3PL para transportes domésticos, já para transportes internacionais o valor é de 65% (Langley, 2020).

3.2 Gestão de armazéns

Os armazéns são os pontos da cadeia de abastecimento onde o produto está parado, por determinados períodos de tempo, e é depois movido. Eles são utilizado para armazenar ou reter produtos (matéria-prima, produtos em processo ou produtos acabados) nos pontos de origem e entre os pontos de origem e de consumo (de Koster et al., 2007). Os armazéns requerem mão de obra, capital (infraestruturas e equipamentos de armazenamento e manuseamento) e sistemas de informação, tudo isto caro (Bartholdy & Hackman, 2014). Contudo os armazéns desempenham um papel importante ao proporcionar uma vantagem competitiva a qualquer organização e ao apoiar o crescimento e eficiência do negócio em toda a sua cadeia de abastecimento (Ho et al., 2019).

O armazenamento tem revelado um papel de grande importância na cadeia de abastecimento devido à crescente globalização, ao crescimento da filosofia *just-in-time*, e ao aparecimento de novos tipos de comércio (Frazelle, 2002). Segundo Frazelle (2002), os armazéns são solicitados para as seguintes funções:

- executar mais e menores transações;
- manusear e armazenar mais itens;
- fornecer mais personalização de produtos e serviços;
- oferecer mais serviços de valor agregado;

- processar mais devoluções;
- e receber e enviar mais encomendas internacionais.

Aliado ao crescimento das solicitações e exigências impostas aos armazéns, Bartholdy & Hackman (2014) e Gu et al. (2007), referem três principais fatores para a sua crescente utilização: adequar a oferta à procura do cliente; reduzir os custos de transporte; e prestar um serviço ao cliente.

As exigências atuais da procura nos mercados (por exemplo, o crescimento do comércio eletrónico) estão a originar mudanças no armazenamento. A eficiência e eficácia nas entregas e a variedade de serviços realizados em armazém são aspetos que merecem cada vez mais atenção por parte dos gestores, devido à importância crescente para clientes e fornecedores (Richards, 2014).

Nos armazéns há quatro principais processos que são alvo de maior estudo, a receção, o armazenamento, o *picking* e a expedição (Avdekins & Savrasovs, 2019; Habazin et al., 2016). Há muitas questões envolvidas na conceção e operação destes processos e do armazém em geral. Recursos, tais como espaço, mão de obra e equipamentos, precisam de ser alocados entre as diferentes funções e cada função precisa de ser cuidadosamente implementada, operacionalizada e coordenada (Gu et al., 2007). Richards (2014) indica seis principais *trade-offs* que ajudam a perceber como gerir esses recursos:

- custo versus serviço;
- capacidade de armazenamento versus velocidade de recolha;
- velocidade versus precisão;
- menor inventário versus disponibilidade;
- eficiência versus capacidade de resposta;
- e volume de armazenado versus custo de armazenamento e disponibilidade.

Gu et al. (2005, 2007) dividem a gestão de armazéns em dois níveis de decisão diferentes, de projeto (Tabela 2) e operacional (Tabela 3). Ao nível do projeto destaca-se o controlo de inventário e ao nível operacional a atribuição de locais de armazenamento, os dois aspetos alvo de estudo na presente dissertação.

Tabela 2 - Descrição dos problemas ao nível de projeto (adaptado de Gu et al., 2007)

Decisões do projeto do armazém	
Estrutura geral	<ul style="list-style-type: none"> • Padrão de fluxo do material dentro do armazém; • Identificação dos departamentos.
Tamanho e dimensionamento	<ul style="list-style-type: none"> • Do armazém; • Das zonas.
Layout das zonas	<ul style="list-style-type: none"> • Configuração detalhada de cada zona do armazém; • Configuração e número de corredores; • Tipo de armazenamento; • Sistema de armazenamento e reabastecimento; • Alocação de portas.

Seleção do equipamento	<ul style="list-style-type: none"> • Nível de automação; • Equipamento de armazenagem, transporte, <i>picking</i>, separação, entre outros;
Estratégia de operação	<ul style="list-style-type: none"> • Decisões sobre operações que têm efeitos globais noutras decisões: • Tipo de <i>picking</i>; • Estratégia de armazenagem • Controlo e gestão de inventário

Tabela 3 - Descrição dos problemas ao nível das operações (adaptado de Gu et al., 2007)

Decisões operacionais	
Receção e envio	<ul style="list-style-type: none"> • Atribuição de docas a camiões; • Atribuição de encomendas a camiões; • Determinação de horários de expedição e receção.
Armazenamento	<ul style="list-style-type: none"> • Atribuir zonas para cada SKU; • Atribuir <i>pickers</i> a cada zona; • Atribuição de locais de armazenagem; • Especificação das classes de armazenagem (para armazenagem baseado em classes).
<i>Picking</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Determinação do tamanho dos lotes; • Atribuição de lotes por encomenda; • Roteamento e sequenciamento de viagens de <i>picking</i>.

3.2.1 Warehouse Management System

Grande parte das melhorias na gestão dos armazéns deve-se à evolução dos sistemas de gestão de armazém (*Warehouse Management System – WMS*). Hoje em dia estes sistemas podem desempenhar inúmeras funções como rastrear produtos, gerir as suas localizações, fazer a gestão do *picking*, gerir stocks, entre outras (Emilie et al., 2019). A capacidade de fazer um controlo do inventário de forma quase automática é outra mais valia deste tipo de sistemas que conseguem lançar alertas e avisos aos gestores e operadores de quando é preciso realizar alguma operação, como por exemplo o reabastecimento (Lototsky et al., 2019). A versatilidade também é uma das características dos WMS que, de uma forma geral, podem ser adaptados às diferentes necessidades de cada armazém (Emilie et al., 2019).

Os WMS dão alguma segurança aos gestores de armazém uma vez que a sua tecnologia permite detetar erros bastante cedo. Para isso contribui a capacidade de recolher dados e de os armazenar constantemente em nuvem, e o uso de tecnologias como códigos de barras, *Radio Frequency Identification (RFID)* ou *Global Positioning Systems (GPS)* (Mao et al., 2018). Nos últimos anos tem havido uma grande preocupação em melhorar ainda mais estes sistemas de modo a tornar os armazéns cada vez mais autónomos. Integração com outros sistemas como sistemas de gestão ou localização de equipamentos (Halawa et al., 2020) ou a cada vez maior adaptação ao conceito *Internet of Things* (Tejesh & Neeraja, 2018) demonstram essa evolução.

3.2.2 Métricas

Para uma correta gestão de armazém é importante a utilização de métricas que ajudem a avaliar o seu desempenho. Para isso os WMS podem ser uma importante ferramenta devido à sua capacidade de recolher e tratar os dados. Muller (2011) sugere que para o controlo de inventário devem ser utilizadas duas métricas, a precisão de registo de inventário (*Inventory Record Accuracy* – IRA) e a taxa de preenchimento (*Fill Rate*). O IRA é usado para analisar e corrigir quaisquer discrepâncias entre os níveis reais de stock disponível e os níveis registados na base de dados. Já a *Fill Rate* indica a percentagem de encomendas que foram completadas com sucesso.

Inventory Record Accuracy

Segundo Muller (2011) um método rápido e preciso para estabelecer o IRA atual de um armazém é fazer uma contagem de teste, com os seguintes passos:

1. Selecionar 100 SKUs que representem uma amostra transversal de todos os produtos (muito movimentados, pouco movimentados, caros, baratos e com prazos de entrega para aquisição longos e curtos);
2. Contar os 100 SKUs em todos os locais onde estão armazenados. Deve medir-se a precisão considerando as unidades físicas (não em unidades monetárias).
3. Medir o IRA tendo em conta as contagens efetuadas, com a seguinte fórmula:

$$\text{Inventory Record Accuracy} = \frac{\text{Contagens precisas}}{\text{Total de contagens}} \times 100 \quad (3.1)$$

Ou seja, por exemplo se das 100 SKUs contadas em apenas 80 a quantidade do inventário físico é igual à quantidade inserida no sistema (tendo em conta as tolerâncias, que são abordadas de seguida), o IRA do armazém é de 80%.

A precisão de registo de inventário é um indicador que mostra o quão corretas estão as quantidades nas prateleiras de acordo com os registos no sistema (Muller, 2011). Logo é importante que depois da implementação desta métrica com a amostra inicial se implemente com todos os produtos do armazém, para se acompanhar a evolução das medidas de melhoria implementadas.

Fill Rate

Apesar das contagens de SKUs serem uma forma de medir o inventário, isso não indica se existe em stock os produtos que são necessários para satisfazer as necessidades dos clientes (Muller, 2011). Nesse aspeto os valores do IRA também não são completamente esclarecedores porque mesmo que os valores de um produto não batam certo, isso pode não estar a influenciar as entregas ao cliente. Então Muller (2011), sugere que se calcule a *Fill Rate* para obtenção desses valores. A seguinte fórmula indica um reflexo de quão eficaz é o inventário:

$$\text{Fill Rate} = \frac{\text{Produtos enviados num determinado dia}}{\text{Produtos encomendados para o mesmo dia}} \times 100 \quad (3.2)$$

Pela fórmula, por exemplo, se para um dia fossem encomendados 447 produtos, mas apenas 417 tivessem sido enviados, havia total disponibilidade de 93% dos itens necessários para satisfazer as necessidades desse dia.

Tolerâncias

No mundo ideal tudo seria absolutamente perfeito, mas, na realidade, a perfeição não é alcançável e os registos de inventário podem ser aceitáveis sem serem perfeitos (Brooks & Wilson, 2007). Mas quão precisos devem ser?

Muller (2011) faz a comparação entre dois produtos, pregos e diamantes. Para se saber a quantidade de pregos que estão num grande recipiente é pouco provável que alguém os conte todos. O mais provável é que se pese uma pequena quantidade, depois todo o recipiente e por fim se faça uma comparação entre o número de pregos que estavam nessa pequena quantidade e o peso total do recipiente, obtendo assim uma estimativa do número total. Provavelmente esta estimativa não irá apresentar o número exato de pregos, mas dadas as características deste SKU (o baixo custo, a facilidade de aquisição e a dificuldade de contagem individual), essa exatidão é pouco importante. Portanto, este é um dos casos em que seria aceitável implementar uma tolerância. E para um grande recipiente de diamantes? Neste caso a abordagem já seria obrigatoriamente diferente, também devido às características do SKU.

Poucas empresas aceitam uma tolerância na precisão superior a mais, ou menos, cinco por cento em qualquer artigo. Ou seja, uma precisão de 95% deve ser a menor variação. Por exemplo, se o registo no sistema for de 100 unidades, não é aceitável que fisicamente estejam menos de 95 (Muller, 2011).

Definir as tolerâncias para cada produto ou categoria de produtos deve ser feito com muito cuidado e para isso Brooks & Wilson (2007) e Muller (2011) enumeram alguns fatores que podem ser combinados entre si e que devem ser tidos em conta. Esses fatores são os seguintes:

- **Taxa de utilização** – Regra geral, quanto maior a utilização de um produto, maior a tolerância. Se o uso anual de um artigo for 100 por ano, talvez a sua tolerância seja 0% (se esta fosse a única consideração), enquanto uma peça com um uso de 100 mil por ano provavelmente teria uma tolerância maior. Contudo, neste caso surge uma questão: se um produto tem pouca rotatividade, não há grandes motivos para que a precisão não esteja correta;
- **Valor monetário** – Quanto maior o valor do produto maior a precisão exigida. Apesar disto as tolerâncias e as contagens em ambiente de armazém devem ser sempre feitas pela quantidade de produtos e não pelo seu valor.
- **Lead Time** – Quanto maior for o tempo de espera para o fornecimento de um produto, menor será o nível de tolerância.
- **Nível na lista de material** – Geralmente, atribui-se uma tolerância mais curta a uma peça de produto acabado. Já aos seus componentes ou matéria prima é atribuída uma tolerância maior.

Quando as tolerâncias estão definidas, não devem ser feitos ajustes nos registos ao aparecer uma discrepância entre as contagens físicas e o existente nos registos, desde que os valores estejam dentro

da variação permitida. Se um produto estiver fora do intervalo de tolerância, deve procurar-se o motivo da discrepância e ajustar o registo (Muller, 2011). Voltando à fórmula do IRA (3.1), se um produto tem 3% de tolerância e após a contagem a precisão foi de 98% (existiam 98 unidades em 100 registadas), para o cálculo do IRA esse SKU deve ser considerado como uma contagem precisa. Só se a contagem estiver fora da tolerância é que não é considerada precisa (Brooks & Wilson, 2007).

Segundo Tersine (1994) manter um nível elevado de precisão no registo de inventário, identificando as causas dos erros e corrigindo as condições que os provocam, são alguns dos objetivos da contagem cíclica (*Cycle Counting*), que será apresentada na secção seguinte.

3.3 Contagem cíclica

Segundo Brooks & Wilson (2007) o inventário continua a ser uma das partes mais importantes das estruturas de produção, distribuição e retalho. Os autores defendem que a gestão deste recurso crítico começa com a criação e manutenção de registos de inventário precisos. O inventário é um ativo das empresas, é dinheiro na forma de bens ou materiais, e por isso deve ser contado em intervalos regulares de tempo para rastreamento (Amjed & Harrison, 2013). Amjed & Harrison (2013) defendem que a contagem de inventário é uma das operações mais essenciais num armazém, sendo importante para a gestão de níveis de inventário, para a localização correta dos produtos, para assegurar o fornecimento de produtos sazonais, para o controlo de roubos e perdas ou ainda para balanços em caso de acidentes ou catástrofes.

A imprecisão dos registos de inventário, ou seja, a discrepância entre o inventário registado e o inventário real fisicamente disponível no armazém, é uma grande preocupação para empresas de armazenamento (Sahin & Dallery, 2009). As informações sobre que produtos estão onde e em que quantidade, devem estar registadas com precisão para coordenar de forma eficaz o movimento das mercadorias. No caso da informação fornecida pelo sistema estar incorreta, a capacidade de fornecer o produto aos clientes ao custo mínimo de operação fica comprometida (Kang & Gershwin, 2005). Entre os fatores que levam a imprecisões estão a localização incorreta das mercadorias, roubo, produtos perecíveis, erro de fornecedores e erros de transação, ou seja, erros que surgem ao identificar ou a contar os produtos (Sahin & Dallery, 2009).

Os erros nos registos de inventário podem levar a problemas na gestão da cadeia de abastecimento, tais como planeamento organizacional insuficiente e decisões de reabastecimento incorretas, causando insatisfação ao cliente e elevados custos operacionais (Gumrukcu et al., 2008). Amjed & Harrison (2013) especificam ainda mais esses problemas, e defendem que os registos incorretos de inventário podem dar origem a stocks de segurança elevados, ao aumento dos custos de transporte do inventário e à diminuição da produtividade dos operadores de *picking*, com o aumento do tempo da recolha dos bens e das distâncias de viagem. Além disso, registos incorretos podem também resultar na indisponibilidade do stock prometido aos clientes, resultando na sua insatisfação devido à possível perda de vendas (Amjed & Harrison, 2013).

Todos os armazéns são obrigados a realizar alguma forma de contagem do inventário para obterem dados financeiros credíveis. Para essa contagem há dois processos principais, a contagem cíclica e a contagem anual, sendo que a contagem cíclica tem ganho enfâse nos últimos anos, substituindo em muitos casos a contagem anual (Richards, 2014).

O método da contagem anual do inventário consiste em produzir uma avaliação financeira do inventário num determinado dia e cada artigo deve ser contabilizado como parte do inventário (Muller, 2011). Uma contagem completa do inventário geralmente requer o fecho do armazém por um período de tempo e todos os movimentos de entrada e saída de mercadoria são suspensos (Richards, 2014). Na contagem anual, o intervalo entre duas contagens é de 12 meses, o que é demasiado tempo para que se faça um esforço sério para descobrir a razão pela qual ocorreu um erro, uma vez que esse erro pode ter ocorrido há vários meses (Muller, 2011). Por isso, usando este tipo de contagens, há pouca ou nenhuma melhoria nos processos, o que vai originar constantemente baixa precisão dos registos (REM 1999).

O processo da contagem cíclica é uma técnica que segmenta o inventário, estabelecendo um calendário para quando os produtos devem ser contados ao longo do ano, de modo a que, quando o período de um ano passar, todas as unidades tenham sido contadas pelo menos uma vez (ainda assim, de forma geral, são contadas várias vezes (REM 1999)). Este é um dos métodos mais eficazes para resolver problemas de inventário e obter um IRA elevado (Muller, 2011), podendo aumentar o IRA para níveis de 97% ou superiores (REM 1999). Uma vez que se trata de um método de contagem com ciclos inferiores a um ano, é possível descobrir discrepâncias pouco tempo depois da sua ocorrência e uma vez identificada a causa do erro, este pode ser eliminado. Como se trata de um processo contínuo, o número de problemas no sistema vai diminuindo e os resultados vão sendo cada vez melhores (Muller, 2011).

Segundo REM (1999) a contagem cíclica tem vários benefícios, principalmente quando comparada com a contagem anual. Esses benefícios são:

- poucos erros na identificação dos artigos;
- grande capacidade de identificar e corrigir erros nos registos;
- a operação do armazém não tem de ser suspensa;
- necessidade de menos colaboradores e estes são mais experientes;
- e melhoria sistemática dos processos que dão origem a erros.

Embora a contagem por ciclos diminua ou elimine uma quantidade considerável de despesas inerentes a inventários imprecisos, constitui também um custo adicional. Por isso, é essencial utilizar esta metodologia da forma mais eficaz possível. É necessário decidir quando contar, com que frequência contar e quanto contar de cada vez. Caso contrário, o custo da aplicação da contagem por ciclos pode ser mais elevado do que os benefícios obtidos (Rossetti et al., 2007).

Para facilitar estas decisões Muller (2011) apresenta várias formas de implementar a contagem cíclica, contudo defende que nem todas se ajustam de igual forma a diferentes empresas. O autor dá o exemplo de duas empresas com o mesmo número de SKUs e operadores, mas se numa delas os SKUs estão

dispostos de modo a que as contagens individuais demorem mais tempo, no final terá um tempo médio por dia e por colaborador muito superior, o que poderá não ser eficiente. Por isso cada empresa deve encontrar o método que mais se ajusta, sendo apresentados pelo autor os seguintes:

- Grupo de controlo;
- Auditoria de localização;
- Seleção aleatória;
- População em decréscimo;
- Categorias de produtos;
- Classificação ABC.

Segundo Muller (2011) numa fase inicial (enquanto a precisão for baixa) pode não ser adequado contar um grande número de produtos por dia. Isto porque é preciso tempo para analisar os processos e perceber a origem dos erros. Assim, se um armazém só consegue resolver problemas em 10 produtos por dia, não vale a pena estar a contar 50. Sendo este um processo progressivo, à medida que a precisão vai aumentando, o número de produtos a contar também aumenta, uma vez que vai haver menos discrepâncias. Uma empresa deve então selecionar a metodologia que melhor se adequa aos seus recursos e tipo de inventário, sendo apresentadas na secção seguinte as mais relevantes.

3.3.1 Metodologias

Grupo de controlo

O método do grupo de controlo é um método que deve ser usado apenas como ponto de partida e não como um método recorrente. Isto deve-se ao facto de este procedimento apenas englobar uma pequena amostra de produtos, que não representam a totalidade do inventário (Muller, 2011). Com esta amostra é possível testar se o processo de inventário tem falhas, facilitando a identificação de alguns problemas que podem ser gerais e afetar todos os produtos (Brooks & Wilson, 2007), tais como acessos sem restrições ao armazém ou discrepâncias de *timing* entre quando o produto é movido e quando é feito esse registo (Muller, 2011). O procedimento deste método, segundo Muller (2011), é o seguinte:

1. Selecionar 100 produtos como um grupo de controlo. Esses produtos devem representar uma secção transversal de toda a população de SKUs, incluindo alguns produtos caros, baratos, de rápida e lenta movimentação, com um longo tempo de espera, etc;
2. Contar apenas 10 artigos por dia durante 100 dias. No total serão feitas 1000 contagens, logo cada produto é contado 10 vezes durante o teste;
3. O ciclo é de 10 dias, ou seja, de 10 em 10 dias volta-se a contar o mesmo produto.

Auditoria de localização

O método da auditoria de localização tem por base dividir o armazém por áreas ou compartimentos, por exemplo por estantes, contentores ou zonas (Muller, 2011). Com este método a seleção dos produtos a incluir na contagem de cada dia baseia-se apenas nessa divisão, sendo escolhida uma área

e todos os produtos dessa área são contados (Rossetti et al., 2001). Neste caso a duração do ciclo depende do número de áreas a serem contadas. Muller (2011) dá o seguinte exemplo: se a divisão for feita por prateleiras, e a contagem fosse uma por dia, com 45 prateleiras o ciclo seria de 45 dias. Neste procedimento todos os produtos são tratados de igual forma, características como custo ou taxa de utilização não são consideradas (Rossetti et al., 2001). Uma das principais particularidades desta abordagem é que funciona como uma dupla auditoria, uma vez que verifica a quantidade existente de um produto e se este se encontra no local certo. Assim, comparando com a contagem anual do inventário, é possível descobrir mais cedo um produto que tenha sido colocado na localização errada (Muller, 2011).

Segundo Muller (2011) há duas abordagens distintas que podem ser utilizadas com este método:

1. Contar apenas os SKUs da área definida para esse dia, mesmo que possa haver os mesmos SKUs noutra área. Esta primeira abordagem requer um maior nível de sofisticação do sistema de controlo de inventário. O sistema deve permitir identificar não só a quantidade de um produto, mas também cada local em que está localizado e a quantidade em cada local;
2. Contar os SKUs presentes na área definida e se houver SKUs do mesmo tipo noutra área, contar também. Neste caso a sofisticação é menor porque são contados todos os SKUs de um determinado tipo, não havendo necessidade de discriminar por localização.

Pode acontecer durante esta contagem não se contarem em alguns ciclos todos os SKUs. Imagine-se que foi inserido um produto numa área que já foi contada, nesse ciclo esse produto não será contado porque a contagem na sua área já foi feita. Contudo esta situação não é grave, desde que se conte um número estatisticamente significativo do total de produtos no armazém (Muller, 2011).

Seleção aleatória

O método da seleção aleatória é o método de contagem cíclica mais simples. Os produtos selecionados para contagem são totalmente aleatórios, contudo devem ser uma secção transversal de toda a população do armazém (Muller, 2011). Neste método os produtos são todos tratados de igual forma, não sendo importantes características como o valor ou a taxa de utilização. O ciclo geralmente é de um ano, sendo contado um número significativo de SKUs. Por exemplo, num total de 10000 SKUs e 200 dias, são contados 50 produtos por dia. A Tabela 4 exemplifica como calcular a precisão neste caso.

Tabela 4 - Cálculo da precisão com a seleção aleatória de artigos (adaptado de Brooks & Wilson (2007))

	Disponibilidade	Amostra	Contagens certas	Precisão
Dia 1	10.000	50	50	100%
Dia 2	9.950	50	49	98%
Dia 3	9.900	50	48	96%
Dia 4	9.850	50	48	96%
Dia 5	9.800	50	49	98%
Total	N.D.	250	244	97,6%

População em decréscimo

O método da população em decréscimo é um método versátil que pode ser utilizado sozinho ou em articulação com outros métodos, como o da seleção aleatória ou os métodos das categorias de produtos e da classificação ABC, que vão ser apresentados de seguida.

Esta abordagem consiste em contar cada produto da população definida, sem repetir, até que todos estejam contados. Quando todos estiverem contados recomeça-se a contagem de novo. Isto assegura que todos os produtos de uma população são contados uma vez por ciclo. O número de vezes que a população é contada durante um ano depende do número de produtos e de quantos dias estão disponíveis para contagem (Muller, 2011). A Tabela 5 mostra três exemplos deste método de contagem.

Tabela 5 - Exemplos de contagem cíclica pelo método da população em decréscimo (Muller, 2011)

Exemplo 1	Exemplo 2	Exemplo 3
<ul style="list-style-type: none">• 900 SKUs• 200 dias de contagem• 1 ciclo/ano• $900/200 \cong 5$ produtos/dia• 1.000 contagens/ano	<ul style="list-style-type: none">• 900 SKUs• 100 dias de contagem• 2 ciclos/ano• $900/100 = 9$ produtos/dia• 1.800 contagens/ano	<ul style="list-style-type: none">• 900 SKUs• 50 dias de contagem• 4 ciclos/ano• $900/50 = 18$ produtos/dia• 3.600 contagens/ano

Categorias de produtos

A abordagem da contagem cíclica por categorias de produtos consiste em organizar os SKUs por características ou critérios, tais como fabricante ou tipo de utilização. Os artigos que correspondam aos critérios escolhidos são contados com base em dois procedimentos, do evento único e/ou da população em decréscimo (Muller, 2011). Esses procedimentos consistem em:

- O procedimento do **evento único** consiste em implementar critérios com base em acontecimentos (por exemplo, confirmar se o stock de um determinado produto é zero). Deve-se ter cuidado ao utilizar este tipo de características, sendo importante prestar atenção às vantagens e desvantagens para cada caso. Por exemplo, se o critério fosse contar apenas artigos que foram encomendados nesse dia, seria possível verificar se a quantidade encomendada foi a correta e neste caso a contagem iria ocorrer quando o nível de stock estivesse no nível mais baixo, o que tornaria a contagem mais fácil. Contudo, neste exemplo, só os produtos com maior movimentação são contados. Assim, não será verificada uma secção transversal dos artigos por um longo período e se um artigo não for encomendado durante um determinado ano, não vai ser contado. O número de artigos a contar pode variar ou ser definido pelo número de artigos do grupo, dividido pelo número de dias do ciclo (ver Tabela 5);
- No método da **população em decréscimo**, para cada categoria deve-se começar por definir os critérios segundo os quais cada SKU será colocado numa categoria e depois definir a sequência pela qual as categorias serão contadas (todos os produtos da marca X nesta semana, os da marca Y na próxima, etc). Para determinar quantos artigos devem ser contados por dia deve dividir-se o número de SKUs de cada categoria pelo número de dias.

Classificação ABC

O método mais sofisticado de contagem cíclica, recorre à classificação ABC do inventário. Neste caso os artigos não são tratados de forma igual. Com base na classificação referida, os produtos A são contados com mais frequência do que os B, e os produtos B são contados mais frequentemente do que os C (Muller, 2011).

A classificação no método ABC é baseada na "Lei de Pareto" (ver secção 3.4.3). Para efeitos de contagem cíclica, a classificação é determinada por um "valor" (Muller, 2011). Este valor pode basear-se no custo do produto, na taxa de utilização, ou numa combinação de dois ou mais fatores (ver secção 3.4.3). O ideal pode passar mesmo pela utilização de mais do que um critério, uma vez que usando apenas um podem surgir problemas. Segundo Muller (2011), um dos principais problemas é que o critério utilizado pode não refletir a totalidade do inventário. Por exemplo, ao ser utilizado apenas o valor monetário, um número de produtos de elevado valor em dólares que são expedidos com pouca frequência tornar-se-iam de categoria A, enquanto os de baixo valor monetário que são expedidos em grandes quantidades tornar-se-iam de categoria C.

A implementação passo a passo do método de contagem cíclica pela classificação ABC (Muller, 2011), consiste no seguinte:

1. Construir a curva de Pareto das SKUs utilizando os critérios desejados;
2. Atribuir cada SKU às categorias A, B ou C, com base na curva de Pareto;
3. Decidir a frequência de contagem de cada categoria. Para determinar a frequência de contagem deve-se utilizar o seguinte procedimento (Tabela 6):
 - Determinar a frequência de contagem de cada categoria. Podem-se contar as categorias o número de vezes que se deseja. Não existe uma regra ótima;
 - Multiplicar o respetivo número de SKUs por categoria pela frequência desejada para obter as contagens totais. Assume-se que o ciclo é de um ano;
 - Dividir o total de contagens pelo número de dias de contagem (por exemplo, 200 dias por ano) para determinar o número de produtos a contar em cada dia. Se este for um número razoável deve-se prosseguir, se não, deve-se alterar as frequências e voltar a calcular até ser estabelecido um total diário razoável.

Tabela 6 - Exemplo de frequência de contagem e cálculo de número de artigos a contar por dia (Muller, 2011)

Classe	Nº de produtos	Frequência de contagem	Total de contagens
A	275	12	3.300
B	525	4	2.100
C	1.700	2	3.400
Total de contagens no ano			8.800
Dias de contagem			200
Produtos a contar por dia			44

4. Determinar quantos artigos de cada categoria serão contados por dia. Para isso devem seguir-se os seguintes passos:

- Dividir o número de contagens anuais dentro de cada categoria pelo número total (anual) de contagens. Isto estabelece a percentagem de contagens de cada categoria quando comparadas com o total de contagens (Tabela 7).

Tabela 7 - Cálculo da percentagem de contagens anuais por classe (Muller, 2011)

Classe	Contagens anuais	Contagens totais no ano	Percentagem do total de contagens
A	3.300	8.800	≈ 38%
B	2.100	8.800	≈ 24%
C	3.400	8.800	≈ 39%

- Multiplicar a percentagens do total de contagens de cada classe, A, B e C, pelo número total de artigos a contar diariamente. Assim estabelece-se a quantidade de cada categoria a contar em cada dia. (Tabela 8).

Tabela 8 - Cálculo do número de SKUs a contar por dia de cada classe (Muller, 2011).

Classe	Contagens anuais	Percentagem do total de contagens	Número de SKUs a contar diariamente
A	3.300	38%	17
B	2.100	24%	11
C	3.400	39%	17

5. Por fim conta-se cada categoria utilizando a técnica da população em decréscimo.

Este método não é ajustado a qualquer tipo de armazém. Se a atividade for altamente sazonal ou se, pela sua natureza, apresentar uma base de produtos ou itens em constante mudança, então o método ABC não é adequado porque os produtos nas categorias estarão sempre a mudar (Muller, 2011).

3.3.2 Quando contar e quem deve contar

Duas decisões importantes para a boa implementação da contagem cíclica prendem-se com a determinação da melhor altura para se proceder à contagem e de quem a deve fazer.

Muller (2011) defende que o momento ideal para a contagem cíclica é quando não há movimento de informação ou de produtos no armazém. Sendo isto muitas vezes impossível, ou porque o funcionamento do armazém não para, ou quando para está fechado, o melhor pode passar por fazer a contagem quando esses movimentos são mínimos. Então o autor apresenta quatro opções para a contagem. Essas opções são:

- no final do dia útil;
- antes do início do dia;
- durante o fim-de-semana;
- e durante o turno mais lento.

Relativamente a quem deve fazer as contagens, Muller (2011) diz que geralmente o trabalho deve ser dividido por vários colaboradores. Por exemplo, se há quatro horas de contagem num determinado dia, deve ser uma única pessoa a contar durante quatro horas ou faz mais sentido ter quatro pessoas a contar durante uma hora cada? Segundo o autor faz mais sentido a segunda opção porque permite que sejam dedicadas mais horas de cada dia a procurar e corrigir erros, em vez de se perder uma boa parte do horário de trabalho com as contagens. Dividindo o trabalho por mais colaboradores também se reduz a probabilidade do surgimento de erros por cansaço devido ao trabalho repetitivo.

3.3.3 Diagrama de causa-efeito

Para que seja possível aumentar a precisão do inventário através da contagem cíclica é necessário perceber quais são as causas que estão a originar eventuais problemas na precisão. Os diagramas de causa-efeito são um método particularmente eficaz para ajudar a procurar as causas raiz dos problemas (Slack et al., 2018). Esta ferramenta, também conhecida por Diagrama de Ishikawa ou Diagrama espinha de peixe, analisa as relações entre um problema e as suas causas através da análise sistemática dos processos, respondendo às perguntas o quê, quando, onde, como e porquê, e de atividades de brainstorming. O principal objetivo desta ferramenta é compreender o que causa um problema. Para isso deve-se gerar, agrupar e avaliar sistematicamente as várias causas de um certo problema e determinar quais são as causas mais prováveis de serem as causas raiz (Andersen & Fagerhaug, 2006).

Os diagramas de causa-efeito tornaram-se amplamente utilizados em processos de melhoria e controlo de qualidade. Muitas vezes a estrutura destes diagramas envolve a identificação de possíveis causas nas seguintes categorias: medições, materiais, mão de obra, equipamentos, métodos ou ambiente (Figura 11). Contudo, na prática, qualquer categoria que abranja causas possíveis relevantes poderia ser utilizada (Slack et al., 2018).

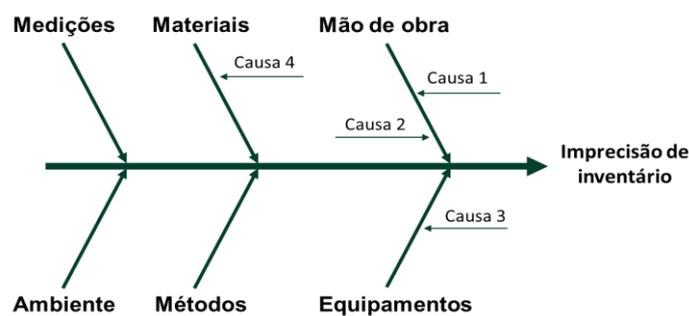


Figura 11 - Exemplo de diagrama causa-efeito (adaptado de Slack et al. 2018)

Segundo Andersen & Fagerhaug (2006) os diagramas causa-efeito devem ser preenchidos segundo o seguinte procedimento:

1. descrever claramente o problema para o qual são procuradas causas;
2. escrever o problema na extremidade direita de uma grande seta;

3. identificar as principais categorias de causas do problema e escrevê-las nos ramos que saem da seta grande;
4. fazer uma sessão de brainstorming e escrever todas as causas possíveis nas áreas de cada categoria, utilizando descrições breves e sucintas. Para causas que pertençam a mais do que uma categoria, devem ser escritas em todas as categorias relevantes;
5. e por fim analisar as causas identificadas para determinar a mais provável causa raiz.

Esta é uma ferramenta muito comum para auxiliar a resolução de problemas existentes em vários tipos de armazéns (Gupta & Garg, 2014; Kuendee, 2017), podendo aplicar-se para a deteção das causas que originam erros no inventário, contribuindo assim para o aumento da precisão do mesmo. Contudo esta ferramenta é também utilizada noutros setores, como o industrial (Liliana, 2016) ou o hospitalar (Fitriasari et al., 2018).

3.3.4 Pesquisa bibliográfica

Para aprofundar o conhecimento sobre contagem cíclica e as abordagens com elas relacionadas que foram abordadas, e para perceber o que tem sido estudado a este nível mais recentemente, foi feita uma pesquisa aprofundada de artigos dos últimos dez anos (alguns artigos que datem de anos anteriores estavam referenciados noutros artigos mais recentes). Foram usados os motores de busca “Web of Knowledge”, “Scopus” e “Google Scholar” com as palavras chave “Cycle counting warehouse”, “Inventory cycle counting warehouse”, “Cycle counting warehouse application”, “Warehouse inventory record accuracy”, “Ishikawa diagram warehouse applications” e “Ishikawa diagram inventory control”. A Tabela 9 sintetiza os resultados dessa pesquisa.

Tabela 9 - Pesquisa bibliográfica realizada sobre a contagem cíclica nos últimos 15 anos

Referência	Título	Descrição
Rossetti et al. (2001)	“Inventory Cycle Counting – A Review”	Revisão de literatura sobre contagem cíclica dos 30 anos antes até 2001, tendo como principais conclusões as seguintes: 1 - Pesquisas de benchmarking de mais de 20 empresas indicam que o melhor desempenho no IRA é alcançado pelas empresas que realizam a contagem de cíclica. 2 - A contagem de ciclos é claramente o método dominante e a melhor prática para manter a precisão dos registos de inventário.
Qiu & Sangwan (2005)	“An approach to relieving warehouse pain points”	Apresenta um modelo baseado na tecnologia radio RFID para aliviar alguns pontos críticos num armazém. Utilizando esta tecnologia o <i>cycle counting</i> pode ser executado automaticamente e em qualquer altura.
Rossetti et al. (2007)	“Inventory Accuracy Improvement via Cycle Counting in a Two-Echelon Supply Chain”	Modelo de simulação para um sistema de inventário de dois escalões, composto por um centro de distribuição e um retalhista. Foram utilizadas várias configurações de contagem cíclica (contagem cíclica programada e contagem por oportunidade) de modo a estudar a precisão do sistema. Os principais resultados obtidos foram os seguintes: 1 – Com a contagem programada, as taxas de preenchimento no retalho e no centro de distribuição aumentaram imediatamente cerca de 10% para 82,56% e 98,31%, respetivamente. 2 – Com a oportunidade de contagem as taxas de preenchimento não mostram o mesmo aumento que na contagem programada, mas proporciona uma economia no custo total.
Gumrukcu et al. (2008)	“Quantifying the costs of cycle counting in a two-echelon supply chain with multiple items”	Modelo de simulação para um sistema de inventário de dois escalões, composto por um centro de distribuição e um retalhista. Um dos objetivos desta análise é testar várias configurações de contagem cíclica (contagem cíclica programada e contagem por oportunidade), enquanto se consideram <i>trade-offs</i> entre taxas de preenchimento, precisão e custos do sistema em dois níveis da cadeia de abastecimento. Os resultados indicam que a correta aplicação da contagem cíclica aumentará a precisão dos registos de inventário e proporcionará poupanças significativas para toda a cadeia de abastecimento.
Christiansen (2015)	“Effective Warehouse Management Using Lean and Six Sigma”	Dissertação sobre um caso de estudo real com o objetivo de explorar como gerir eficazmente um armazém utilizando conceitos do Lean e do Seis Sigma. Relativamente à contagem cíclica é sugerido à General Electric a implementação da contagem cíclica “às cegas”. Ou seja, os operadores não sabem a quantidade de cada SKU que é suposto estar no local. Isto pode ser mais demorado, mas garante uma maior precisão do inventário uma vez que os operadores não fazem “batota” e têm mesmo de contar os produtos.
Wijffels et al.(2016)	“An enhanced cycle counting approach utilising historical inventory data”	Proposta de um novo método de contagem cíclica que visa identificar registos incorretos utilizando dados históricos de cada artigo. O método visa descobrir relações entre várias propriedades dos artigos (por exemplo, local de armazenagem, frequência de movimento, etc.) e imprecisões. Estas relações podem então ser utilizadas para identificar quais os artigos com maior probabilidade de serem imprecisos, para que a verificação do inventário possa centrar-se nesses artigos. A abordagem é avaliada com base em dados reais de armazéns.

Kuendee (2017)	<p>“Application of 7 Quality Control (7 QC) Tools for Quality Management: A Case Study of a Liquid Chemical Warehousing”</p>	<p>O objetivo deste estudo foi aplicar algumas metodologias de controlo de qualidade para resolver um problema de atrasos nas entregas de um armazém de produtos químicos. O Diagrama de causa-efeito foi utilizado para descobrir as causas principais deste problema.</p>
Mahtamtama et al. (2018)	<p>“Development of cycle counting monitoring dashboard with buffer time management for cocoa company”</p>	<p>Implementação de um sistema de contagem cíclica pelo método ABC. É usada uma estratégia para calcular a percentagem de tempo que falta até à contagem seguinte (desde a última contagem) e foi criado um painel de controlo com vários níveis de cores que alerta quando o tempo até à próxima contagem está a acabar. Isto ajuda a fazer um controlo da programação da contagem.</p>

3.4 Localização de produtos

As operações de *picking* são consideradas as operações mais críticas num armazém (Le-Duc & De Koster, 2005), representando cerca de 50 por cento do total dos custos operacionais (Çelik & Süral, 2019). Um dos fatores que influencia em muito os custos destas operações é os custos da mão de obra, que estão relacionados com o tempo de realização de cada operação (Richards, 2014). A Figura 12 mostra qual a distribuição do tempo nas operações de *picking*, onde o tempo despendido em viagens é superior a 50 por cento (Frazelle, 2002).

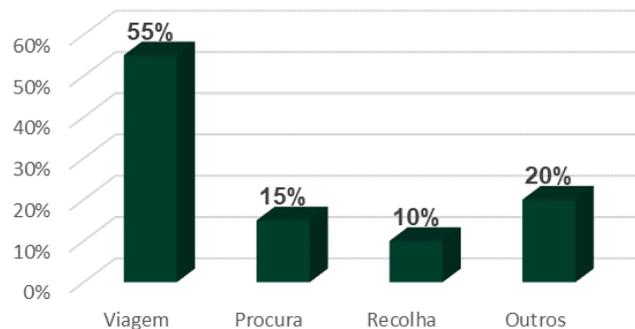


Figura 12 - Distribuição típica do tempo nas operações de *picking* (Frazelle, 2002)

A eficiência das operações de *picking* depende muito da política de armazenagem utilizada, ou seja, onde os produtos estão localizados dentro do armazém (Le-Duc & De Koster, 2005). As teorias de localização de artigos indicam onde deve um determinado artigo ou categoria de artigos ser fisicamente posicionado de modo a melhorar essa eficiência (Muller, 2011). Colocar os produtos mais populares em termos de frequência de encomenda nos locais mais acessíveis dos armazéns, ou aqueles com uma frequência de encomenda conjunta elevada em localizações próximas, são estratégias que vão contribuir para a redução das distâncias de viagem e assim melhorar a eficiência das operações (Richards, 2014). Estes são os objetivos das metodologias que serão apresentadas de seguida.

3.4.1 Agrupamento por famílias

A abordagem do agrupamento por famílias consiste no armazenamento em conjunto de itens com características semelhantes. Teoricamente, características semelhantes farão com que esses produtos sejam recebidos, armazenados, recolhidos e expedidos em conjunto (Muller, 2011). Segundo Muller (2011) os agrupamentos podem ser baseados em:

- características semelhantes;
- itens que são regularmente vendidos em conjunto;
- e itens que regularmente são utilizados em conjunto pelo cliente.

Há uma série de vantagens na utilização do agrupamento familiar, nomeadamente a possibilidade de armazenar e recolher os produtos utilizando técnicas e equipamentos semelhantes, a facilidade de reconhecimento dos agrupamentos de produtos, ou a facilidade de utilização de sistemas de

localização por zonas (Muller, 2011). Contudo também há aspetos que podem ser negativos e devem ser considerados antes desta implementação. Esses aspetos são os seguintes (Muller, 2011):

- Alguns produtos são tão semelhantes que podem ser substitutos uns dos outros;
- Quando dois produtos são da mesma família, mas um tem muita procura e o outro não. Ao armazenar os dois SKUs em conjunto poderá estar-se a colocar um artigo de movimentação lenta perto dos artigos com maior frequência de saída (roubando espaço) ou o contrário, colocar um de movimentação rápida junto dos menos populares;
- Um artigo pode ser incluído em mais do que uma família;
- Utilização de outros métodos de armazenamento em simultâneo (como análise ABC).

A conjugação do agrupamento familiar com a categorização ABC pode não ser bem conseguida se não for implementada com cuidado. Contudo, a colocação eficaz de um produto pode muitas vezes ser alcançada através do uso em simultâneo das duas estratégias. Por exemplo, dentro de um grupo de produtos semelhantes, entre eles, pode haver diferenças de frequência de encomendada, então, nesse caso, armazenam-se os produtos na mesma zona, mas os mais populares nas localizações de mais fácil e rápido acesso. O resultado final é um layout global mais eficiente.

3.4.2 Análise da correlação da procura

O perfil de correlação da procura indica a afinidade da procura entre artigos individuais ou entre famílias de artigos. Tal como uma minoria dos SKUs de um armazém constitui a maior parte da atividade (lei de Pareto), certos SKUs tendem a ser encomendados em conjunto (Frazelle, 2002).

Estudando o perfil de atividade dos artigos através do perfil de correlação da procura (exemplificado no Anexo D), os SKUs são agrupados aos pares e são classificados com base na frequência com que cada par aparece nas encomendas. Assim um gestor poderá conseguir encontrar produtos para os quais há uma elevada frequência de serem encomendados em conjunto (Frazelle, 2002). Aliando esta análise a uma política de armazenamento que reconheça os padrões de correlação da procura, de tal forma que os artigos suscetíveis de serem requeridos em conjunto sejam armazenados tão próximos quanto possível, possibilita o aumento da eficiência do *picking* (Vaughan & Petersen, 1999).

Muitas vezes a percepção assumida sobre a elevada ou reduzida frequência em cada par torna-se errada e ineficaz. Esta incerteza acontece porque os armazéns muitas vezes lidam com uma infinidade de SKUs, padrões de encomenda, fornecedores e decisões, o que dificulta a formação de uma intuição fiável sobre as operações logísticas (Frazelle, 2002). Por isto vários autores como Zhang, Wang, and Pan (2019) e Lang, Pan, and Liu (2020) desenvolveram algoritmos que os permitiram chegar a resultados eficazes.

3.4.3 Análise ABC

A categorização dos produtos através de uma análise ABC baseia-se na clássica “Lei de Pareto”. Em 1906, um economista italiano, Vilfredo Pareto (1848-1923), calculava que 80% da riqueza estava nas mãos de 20% da população (Emmet, 2005). O conceito representa a proposição de que dentro de uma determinada população, aproximadamente 20% das coisas têm 80% do "valor" total, e que os outros 80% têm apenas 20% do valor (Muller, 2011). Portanto, a ideia é concentrar tempo e recursos nos importantes 20 por cento, os "poucos vitais" (Richards, 2014). O "valor" pode ser definido segundo vários critérios, sendo que em ambiente de armazém o mais correto é, na maioria das vezes, a frequência de encomenda. Assim, 20% de todos os artigos representam 80% do total dos *pickings* (Muller, 2011).

Richards (2014) e vários outros autores relacionam a Lei de Pareto com a categorização ABC de acordo com os dados da Tabela 10. Os valores presentes na tabela são relativamente às vendas de um armazém, contudo o autor refere que esse pode não ser o método que melhor se adapta ao contexto. Num exemplo onde um produto A vendeu 10.000 unidades, mas em apenas quatro encomendas, e outro produto B vendeu 1.000 em 200 encomendas, é fácil de perceber que, para o melhor funcionamento do armazém com a redução das distâncias e tempo de viagem, o produto B é o que deve estar mais próximo dos cais de expedição. Então, para uma categorização ABC bem implementada num contexto de armazém, o fator mais importante pode ser a frequência de encomenda, mantendo-se aproximadamente os valores da Tabela 10.

Tabela 10 - Distribuição das percentagens por categoria em termos de vendas (adaptado de Richards (2014))

Classe	Percentagem de artigos	Percentagem de vendas
A	20%	80%
B	35%	15%
C	45%	5%

Muller (2011) explica como são obtidos os resultados para a separação dos SKUs por categorias ABC. No Anexo E é possível acompanhar ao detalhe os passos sugeridos, que são os seguintes:

1. Listar numa tabela a população total de SKUs;
2. Fazer corresponder a cada SKU o número de vezes que foram recolhidos e ordenar por ordem decrescente;
3. Criar uma coluna com os valores acumulados do ponto anterior;
4. Calcular a percentagem acumulada de *pickings*, dividindo o valor acumulado correspondente a cada SKU pelo valor total dos *pickings* acumulados.
5. Calcular a percentagem do total de cada SKU, dividindo o número da linha pelo total de SKUs.
6. Dividir os SKUs pelas categorias A, B e C, não havendo nenhuma zona ideal de divisão, mas será algo próximo ao apresentado na Tabela 10.

É opinião de Richards (2014) que o layout do armazém deve ser baseado no número de *pickings* de cada produto mas por vezes pode ser importante ter em conta outros fatores, como o tamanho do

produto, o peso ou outras características específicas como itens de alta segurança. Por isso o autor sugere a utilização da dupla análise ABC.

Dupla análise ABC

A dupla análise ABC permite combinar dois fatores num só, por exemplo o volume de vendas e a quantidade de *pickings*. A Tabela 11 mostra a ideia subjacente a metodologia.

Tabela 11 - Dupla análise ABC (Richards, 2014)

	Elevada frequência ←	→	Baixa frequência
Muitas vendas	AA	AB	AC
↑	BA	BB	BC
Poucas Vendas	CA	CB	CC

Neste exemplo, os produtos AA são os que geram mais vendas e são vendidos com maior frequência. Os produtos CC, por outro lado, são definidos como produtos de movimento lento, na medida em que são os que menos vendem e os que se movimentam com menos frequência (Richards, 2014).

3.4.4 Alocação de espaços aos produtos

Quando se pretende melhorar a disposição dos SKUs num armazém, dois objetivos conflituosos têm de ser considerados, nomeadamente a maximização da utilização do espaço e a minimização da duração média das viagens no *picking* (Henn et al., 2013). Claramente que quanto menor for a distância a percorrer para recolher um artigo, menos tempo de viagem é necessário, daí a importância de fazer a análise ABC com base na popularidade dos artigos e depois alocar os artigos mais populares o mais próximo possível das áreas de expedição (Emmet, 2005).

Existem várias possibilidades para a alocação dos artigos das classes A, B e C em armazéns onde o *picking* é feito ao nível do chão. Para os armazéns onde a receção e a expedição estão do mesmo lado do armazém (armazéns em forma de U), Jarvis & Mcdowell (1991) defendem que cada corredor deve conter apenas uma classe, sendo que à medida que os corredores se vão afastando do ponto de partida vão perdendo importância (Figura 13 a). Petersen et al. (2004) sugerem que as classes se dividam pelos corredores, sendo as localizações mais próximas do início da operação as mais importante em cada corredor (Figura 13 b). Por outro lado Bartholdy & Hackman (2014) defendem uma configuração em triângulo (Figura 14). Relativamente à acessibilidade, um armazém em forma de U oferece localizações muito convenientes (as mais escuras na Figura 14), embora em pouca quantidade, e muitas localizações pouco convenientes (as mais claras na mesma figura (Bartholdy & Hackman, 2014)).

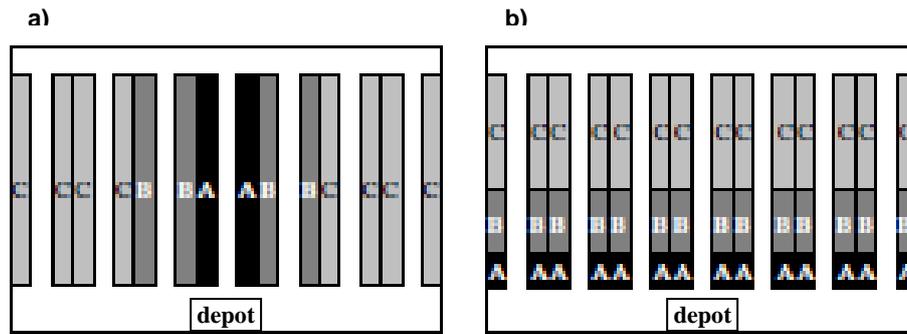


Figura 13 - Possíveis configurações das classes dos artigos num armazém em forma de U. a) cada classe num corredor; b) classes distribuídas por corredores (de Koster et al., 2007)

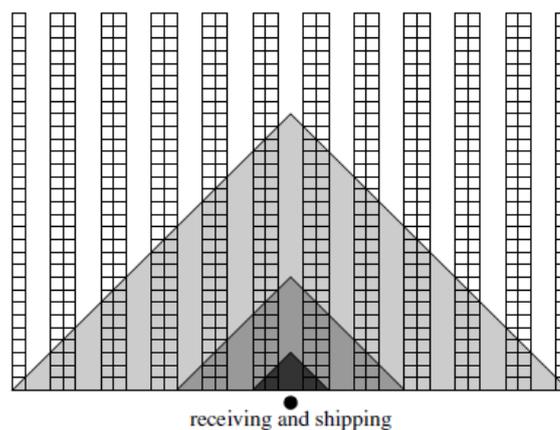


Figura 14 - Diferença de importância das localizações de armazenamento em armazém em forma de U (Bartholdy & Hackman 2014)

Na literatura sobre armazenagem, não existe uma regra segura para definir as divisões nas zonas de localização para sistemas de *picking* ao nível do chão. A estratégia de armazenamento ideal depende de como é gerido o *picking*, do tamanho do armazém e do número de SKUs por *picking* (de Koster et al., 2007).

3.4.5 Pesquisa bibliográfica

À semelhança do que foi feito para a contagem cíclica, também foi realizada uma pesquisa aprofundada de artigos publicados nos últimos dez anos sobre o agrupamento por famílias e a análise ABC. Foram usados os motores de busca “Web of Knowledge”, “Scopus” e “Google Scholar” com as palavras chave “Warehouse item ABC analysis”, “ABC analysis warehouse implementation”, “ABC analysis warehouse”, “Warehouse item family grouping” e “warehouse demand correlation pattern”. A Tabela 12 sintetiza os resultados dessa pesquisa.

Tabela 12 - Pesquisa bibliográfica realizada sobre a análise ABC e agrupamento por famílias nos últimos 10 anos

Referência	Título	Descrição
Mirabelli et al. (2015)	Warehouse Layout Optimization: A Case Study based on the adaptation of the Multi-Layer Allocation Problem	Foi desenvolvido um modelo para resolver um problema de alocação de produtos num armazém de vários níveis. Foi feita uma dupla análise ABC com o valor dos produtos e a popularidade para identificar classes de produtos que depois serviram de base para a resolução do problema.
Baby et al.(2018)	“Implementation of lean principles to improve the operations of a sales warehouse in the manufacturing industry”	Este artigo descreve a aplicação de técnicas <i>lean</i> e reconfiguração do layout num armazém de vendas de uma empresa de produção de renome na Índia. Graças à implementação da análise ABC e do layout em forma de U o tempo médio de <i>picking</i> foi reduzido em cerca de 46%.
Andrada & Biscocho (2019)	“A Study on the Facility Layout and Design of Sugar Plants in the Philipines”	O estudo abrange dois dos maiores armazéns de moagem de açúcar nas Filipinas que sofrem atrasos na expedição do produto, devido ao tempo de resposta lento e ao longo tempo de ciclo no processo de <i>picking</i> . Foi feita uma análise ABC e comparado o desempenho do layout do armazém em forma de U ou com a chegada e expedição em lados opostos. Os principais resultados foram os seguintes: Empresa 1 – Com o layout em U e a análise ABC melhora em 45% o tempo de <i>picking</i> e reduz em 4% a distância percorrida (comparando com os cais em lados opostos). Empresa 2 – Com o layout em U e a análise ABC melhora em 36% o tempo de <i>picking</i> e em 7% na distância percorrida (comparando com os cais em lados opostos).
Phupattarakit & Chutima (2019)	“Warehouse Management Improvement for a Textile Manufacturer”	Implementação da análise ABC e reformulação do layout de 3 armazéns de uma empresa transformadora. Foram obtidos os seguintes principais resultados: 1 – Redução em 1.342 paletes de artigos desnecessários ou stocks inúteis; 2 – Maior facilidade em encontrar artigos; 3 – Eliminação de práticas ineficientes que resulta numa poupança de cerca de 25.000€ por mês.
Zhang et al. (2019)	“New model of the storage location assignment problem considering demand correlation pattern”	Este estudo tem como objetivo melhorar a eficiência da operação de <i>picking</i> através da atribuição de localizações de armazenamento apropriadas aos artigos, onde a correlação entre artigos é considerada. São desenvolvidos dois algoritmos, um heurístico e um de simulação e são comparados a outros já existentes.

3.5 Conclusões do capítulo

Com este capítulo pretende-se, numa fase inicial, contextualizar e perceber alguns conceitos relacionados com a área de negócio da empresa Torrestir Logística, sendo eles a gestão de cadeias de abastecimento, a logística e empresas 3PL. É também possível perceber as várias vantagens que as empresas têm ao recorrerem a empresas 3PL, vantagens essas que vão desde a melhoria das operações de logística a poupanças consideráveis nos custos.

Numa segunda fase são exploradas temáticas que podem ajudar à resolução do problema apresentado no capítulo 2. É estudado todo o contexto da gestão de armazéns, sendo possível perceber o papel do armazém, as principais atividades no mesmo e as principais questões enfrentadas por um gestor. É também possível perceber a importância cada vez maior dos WMS, que desempenham um papel essencial para a melhoria dos processos, e como estes podem ser um aliado na obtenção de dados para cálculos de métricas como o *inventory record accuracy* ou a *fill rate*. Estas duas métricas também são abordadas uma vez que podem ser indicadores muito importantes para se perceber o impacto da implementação da contagem cíclica.

De seguida é estudada a contagem cíclica. Esta estratégia de controlo de inventário tem vindo a ganhar uma grande relevância quando comparada com a contagem anual de inventário. Há várias vantagens que justificam isto, sendo uma delas o facto de a contagem cíclica poder colocar o IRA em valores perto dos 100%. Isto porque este conceito, quando aplicado juntamente com uma ferramenta que facilite a deteção de erros, como os diagramas de causa-efeito, possibilita a deteção e correção de erros precocemente. Foram ainda analisadas seis metodologias que, caso se mostrem viáveis, podem ser implementadas no armazém da Torrestir.

Ao longo do capítulo é ainda estudado o impacto da localização dos produtos no funcionamento do armazém, sendo possível perceber que este fator tem uma grande importância, principalmente nas operações de *picking*. Nesta fase é estudada a implementação das metodologias de agrupamento por famílias, análise da correlação da procura e análise ABC, verificando-se que a sua implementação pode oferecer benefícios ao nível do *picking*.

Por fim, foi realizada uma pesquisa bibliográfica com base em artigos de revistas científicas que têm estudado, nos últimos anos, a contagem cíclica e as metodologias de localização de produtos referidas. Nesta pesquisa foi possível perceber que tanto na implementação da contagem cíclica como na melhoria da localização dos produtos, vários estudos referem a obtenção de melhorias muito relevantes no funcionamento de armazéns. Verificou-se ainda que tem havido uma grande preocupação em implementar estes conceitos aliados aos avanços tecnológicos.

Tendo em conta o problema enfrentado pela TorresLog, nos capítulos 4 e 5 são postos em prática alguns dos conceitos e metodologias apresentados neste capítulo, tanto relativamente ao controlo de inventário como à localização dos produtos no armazém. São feitas análises para se perceber quais das metodologias aqui apresentadas se adaptam melhor à realidade do armazém em estudo e que mostram maior potencial para gerar melhorias.

4. Implementação da contagem cíclica

O método de contagem anual de inventário está ainda muito presente nas empresas de armazenagem. Nas *Third Party Logistics* e nos seus armazéns, muitas vezes essa contagem é uma exigência dos clientes, que fazem também questão de estar presentes nos dias de contagem e acompanhar o processo. Essa é a realidade no armazém da TorresLog. Com um número de clientes relativamente elevado, há a necessidade de uma boa organização na gestão das contagens, devido a fatores como: a produção diária do cliente a contar, uma vez que nos dias de contagem a produção está parada; a disponibilidade dos clientes; e a gestão dos dias de contagem para cada cliente. Todos estes fatores são desvantagens para a contagem anual de inventário quando comparada com a contagem cíclica. Outra desvantagem é ainda o facto de, quando os resultados das contagens anuais não são positivos, a empresa ter uma probabilidade relativamente baixa de detetar, corrigir e minimizar os erros, uma vez que estes podem ter surgido num intervalo temporal já muito grande. Este facto pode dar origem a custos elevados para a TorresLog, mas mais importante ainda, terá um impacto negativo na satisfação do cliente, que pode assim pôr em causa a confiança na gestão das operações da empresa.

De modo a combater as diferenças de inventário (diferença entre o inventário físico e o inventário no sistema) e assim reduzir os custos e aumentar a confiança dos clientes, decidiu-se testar a implementação da contagem cíclica no armazém da TorresLog. Para isso foi escolhido apenas um cliente, de modo a perceber o impacto desta implementação e a viabilidade de a replicar para outros clientes. O cliente escolhido para a intervenção foi o Cliente X (assim denominado devido a questões de confidencialidade de dados). O Cliente X é uma empresa que se dedica à importação e distribuição em Portugal de marcas de rações para animais de estimação, nomeadamente gatos e cães. O Cliente X está presente em várias lojas dedicadas ao ramo animal, mas também em algumas grandes superfícies comerciais. No armazém em estudo são armazenados a totalidade dos produtos a distribuir para Portugal e Espanha, ascendendo a mais de 200 SKUs. A escolha deste cliente surgiu numa reunião com os responsáveis da gestão e do inventário do armazém. A decisão teve por base o facto de ser um cliente importante, mas de média dimensão, e porque havia uma consciência de que o controlo de inventário não era o melhor, por isso era necessário adotar medidas de melhoria.

Ao longo deste capítulo é abordada a implementação prática da contagem cíclica no armazém da TorresLog, que tem como objetivo a melhoria do processo de contagem de inventário e a redução dos custos, consequentes de uma possível elevada imprecisão. Na secção 4.1 são apresentados os fatores importantes a ter em conta para a escolha da metodologia de contagem que melhor se adapta ao caso em estudo, sendo na secção 4.2 apresentada a implementação da contagem cíclica. Na secção 4.3 são apresentados os resultados das contagens e na secção 4.4 é feita uma análise às possíveis causas de imprecisão no inventário.

4.1 Seleção da metodologia de contagem

Como foi possível constatar no capítulo 3, a contagem cíclica pode ser implementada através de várias abordagens diferentes e mesmo assim não é uma metodologia rígida, devendo ser adaptada à realidade das empresas tendo em conta diversos fatores. Por isso, e para uma correta implementação da contagem cíclica, é necessário compreender os vários fatores que têm impacto na escolha da metodologia que melhor se ajusta ao caso em estudo. Esses fatores são:

- características do cliente, como a quantidade e o tipo de artigos;
- o tempo disponível para efetuar contagens;
- as características de cada metodologia.

Relativamente às características do cliente, o Cliente X tem 224 artigos diferentes armazenados no armazém da Torrestir, sendo que 215 estão em localizações de *picking* (localizações ao nível do chão). Os artigos que têm localização de *picking* vão desde sacas de ração com 17 quilos a artigos de marketing de pequena dimensão, tais como *flayers*.

Quanto ao tempo de contagem, o período para colocar em prática as contagens e apurar resultados para esta dissertação era de dois meses e meio. Numa reunião com o responsável pela gestão de inventário, o chefe do turno da manhã e o diretor de operações, chegou-se à conclusão que apenas seria possível fazer uma contagem por semana. Essa contagem seria feita à segunda-feira, logo no início do turno da manhã, uma vez que era a altura da semana em que a carga de trabalho era menor e não havia movimentação de produtos nem de informação. Também nessa reunião foi decidido que apenas iriam ser contadas as unidades em localização de *picking*. Uma vez que os restantes artigos só tinham sido movimentados na operação de receção, tendo sido armazenados nas localizações de reposição sem sofrer alterações, confia-se que não houve oportunidade para desvios nos registos de inventário. Para esta decisão também contribuiu o facto de que, se fossem contadas todas as localizações (de *picking* e de reposição), seriam necessários mais equipamentos e mais mão de obra, que não estavam disponíveis.

Tendo em conta as características do cliente, o tempo disponível para contagens e as características de cada metodologia de contagem, concluiu-se que o mais ajustado seria implementar uma junção entre o método da seleção aleatória e o método da população em decréscimo, apresentados na secção 3.3.1. Esta escolha prevaleceu em relação às restantes metodologias uma vez que se pretendia fazer uma contagem à totalidade dos artigos ao nível do chão (e não só a uma amostra, como na metodologia do grupo de controlo) e a dimensão da área do cliente não justificava a implementação da metodologia da auditoria de localização. Também não se justificava separar os produtos por categorias e o tempo disponível não tornava viável a implementação da contagem cíclica através da análise ABC.

4.2 Método da população em decréscimo e da seleção aleatória

Relativamente à implementação prática da contagem cíclica, tendo em conta que só havia 10 semanas disponíveis e um dia por semana para contagens, optou-se por considerar nove dias de contagem, deixando um dia de margem. Para se chegar à decisão dos nove dias foi tida em conta a data de início das contagens (21 de setembro de 2020), os feriados que coincidissem com segundas-feiras e as semanas que faltavam até à entrega da dissertação. Foi ainda deixada uma margem de segurança para a ocorrência de algum imprevisto. Atendendo ao número de artigos a contar e ao número de dias disponíveis, só foi possível fazer um ciclo de contagens, para que o número de artigos a contar por dia não fosse excessivo. Isto significa que ao fim dos nove dias todos os artigos tinham sido contados uma vez.

Numa fase inicial foi necessário extrair do WMS uma listagem de todos os artigos do Cliente X e confirmar se as referências extraídas correspondiam à realidade do armazém ou se incluíam discrepâncias, por exemplo referências de artigos que já estão descontinuados. Depois foi calculado o número de artigos a contar por dia. Considerando os nove dias disponíveis e os 215 artigos com localizações de *picking*, obteve-se um número de 24 artigos por dia. Apesar da quantidade de artigos obtida ter sido 24, e visto que este é um número considerado aceitável, optou-se por contar 25 artigos, deixando uma margem no último dia. Esta decisão prendeu-se com a possibilidade de chegada de artigos novos, criando assim disponibilidade para que fossem contados no último dia. Caso isso acontecesse estava garantido que no final todos os artigos eram contados uma vez (Tabela 13).

Tabela 13 - Dados da distribuição dos artigos para a contagem cíclica

SKUs	Dias de contagem*	Contagens por dia	Ciclos
215	9	25	1

*Uma contagem por semana

Após estar determinado o número de artigos a contar por dia, foi feita uma listagem aleatória com as referências de todos os artigos, garantindo assim que todos eram tratados de igual forma, não havendo diferenciação relativa à taxa de encomenda ou ao custo dos artigos, por exemplo. A partir desta listagem os artigos foram divididos de 25 em 25 pelos nove dias, sendo que no último dia apenas foram considerados 15 artigos. Para cada dia foi criada uma lista com informações relevantes correspondentes a cada artigo, de modo a tornar as contagens mais rápidas e rigorosas. A Figura 15 contém um extrato de uma das listas elaboradas. Cada lista era atualizada antes do respetivo dia de contagem, uma vez que os dados poderiam ter sido alterados, essencialmente devido a reposições.

N	Zona	Fila	Rak	Niv	Col	Est	Artigo	Descrição	Lote	Validade	Unidades	
											Físicas	Sistema
1	10	41	5	1	3	1	ACC213	... 11,4 KG	2002438	18/11/2021		
2	10	41	7	1	1	1	ACH108	... 11,4 KG	2001965	22/10/2021		
3	10	42	7	1	1	1	ACH102	... 6 KG	2002689	17/12/2021		
4	10	42	7	1	3	1	ORD202	... 5,4 KG	2002673	08/12/2021		
5	10	43	1	1	3	2	NMA401	... 12 X 60 G	210628	28/06/2021		
6	10	43	2	1	1	2	NMA902	... 7X1	210909	09/09/2021		

Figura 15 - Exemplo de Lista de contagem

Antes de se iniciarem as contagens foram ainda tomadas duas decisões importantes. A primeira foi a de contar os artigos em todas as localizações de *picking* em que se encontravam, confirmando assim se a localização era a correta e aumentando a eficácia do processo, uma vez que nada ficava por contar. Um artigo pode estar em várias localizações de *picking* quando existem devoluções ou quando é encomendado por lotes específicos. Isto fez com que fossem contadas mais do que as 215 localizações correspondentes a cada artigo.

A outra decisão foi a de que as contagens seriam feitas “às cegas”, ou seja, sem se saber as quantidades que estavam inseridas no sistema e que era suposto serem contadas. Assim, só depois dos artigos a contar num determinado dia estarem todos contados é que era feita a comparação com o sistema. Quando algum valor das contagens não fosse idêntico ao do sistema, era feita uma recontagem desse artigo, de modo a clarificar se havia mesmo discrepância ou se a contagem tinha sido incorretamente feita.

Os resultados da implementação da contagem cíclica são apresentados na secção 4.3.

4.3 Resultados

Nos primeiros dias de contagens, estas foram efetuadas com o auxílio de um colaborador da empresa, de modo a que fossem percebidos alguns pormenores relacionados com os artigos, como por exemplo a sua disposição nas paletes. Estes aspetos eram importantes para que não houvesse contagens incorretas e resultados errados. Depois disto as contagens passaram a ser feitas autonomamente (pelo autor deste trabalho).

Com o objetivo de apurar os resultados, ao longo das semanas de contagens foi sendo calculada a percentagem da precisão para cada semana, aplicando a fórmula do *Inventory Record Accuracy*. Como é possível analisar na Tabela 14, em praticamente todas as semanas a precisão obtida foi inferior a 90%, ou seja, nas 25 contagens havia pelo menos três artigos para os quais o inventário físico e o inventário no sistema não correspondiam. Estes valores semanais originaram um IRA global de 88%, que corresponde a 189 contagens certas no total dos 215 artigos contados. Juntamente com elementos da gestão do armazém entendeu-se que não fazia sentido introduzir tolerâncias neste tipo de artigos, ou seja, para a contagem ser considerada certa a quantidade de artigos no armazém tinha de ser exatamente igual aos registos no sistema. Nos 26 artigos com diferenças de stock, tanto havia casos em que existia excesso de unidades físicas em stock, como o contrário, falta de unidades no stock físico.

Tabela 14 - Resultados da contagem cíclica

Dias	Disponibilidade	Amostra	Contagens certas	Precisão
Dia 1	215	25	21	84%
Dia 2	190	25	21	84%
Dia 3	165	25	21	84%
Dia 4	140	25	22	88%
Dia 5	115	25	23	92%
Dia 6	90	25	24	96%
Dia 7	65	25	22	88%
Dia 8	40	25	20	80%
Dia 9	15	15	15	100%
Total		215	189	88%

Este valor da precisão está bastante abaixo daquilo que é aceitável para a TorresLog, o que naturalmente origina despesas adicionais à empresa e cria insatisfação no cliente. Estas diferenças podem ter diversas causas, que serão exploradas na secção seguinte (4.4). Apesar destes valores, a taxa de preenchimento (*fill rate*) dos pedidos dos clientes não foi afetada, tendo sido completadas com sucesso todas as encomendas, sem atrasos devido a falhas de *stock* por diferenças no inventário. Esta situação só foi possível porque as diferenças de inventário detetadas foram sempre de pequenas quantidades e uma vez que o cliente faz a gestão do stock deixando uma margem de segurança, não existiram casos de ruturas de stock.

Uma observação importante a ter em conta é que o Cliente X e a TorresLog fizeram a contagem anual de inventário entre o quinto e o sexto dias de contagem, acertando depois os registos, o que explica o valor mais elevado de precisão no dia seis. Contudo, nas contagens seguintes o calor da precisão voltou a descer, o que comprova que alguma coisa não está a correr bem no processo, já tendo a empresa tomado medidas de contagem cíclica para perceber as origens dos erros.

Em relação ao custo por imprecisão de inventário, que corresponde ao custo que a TorresLog paga ao Cliente X devido a diferenças nos registos de inventário, não foram revelados valores, no entanto foi revelado que o referido custo pode ascender aos milhares de euros para este e outros clientes. Com o resultado do IRA de 88% é possível perceber que, para qualquer cliente, se esse valor for melhorado para próximo dos 100%, naturalmente que vai originar uma grande poupança, para além de melhorar o desenrolar das operações e a confiança dos clientes.

4.4 Baixa precisão no inventário, principais causas

Tendo em conta os resultados do IRA obtidos, foi necessário fazer um apuramento das possíveis causas que estavam a originar uma baixa precisão do inventário. Para isso fez-se uma sessão de *brainstorming* com vários elementos da gestão e das operações, de modo a que fossem consideradas várias perspetivas. Esta análise é fundamental para averiguar as causas raiz do problema e para que se possam tomar medidas para combater e eliminar essas causas. Para isso, foi criado um diagrama de Ishikawa que foi sendo preenchido à medida que as ideias iam sendo partilhadas. Para o

preenchimento do diagrama foram consideradas seis categorias de causas de erros de inventário. Algumas categorias eram óbvias e foram logo tidas em conta numa fase inicial da sessão de *brainstorming*, como a mão de obra ou os equipamentos operacionais; outras foram surgindo à medida que as ideias iam sendo partilhadas. As categorias consideradas foram:

- a mão de obra;
- a gestão das operações;
- os equipamentos operacionais;
- o *warehouse management system*;
- os erros com origem no cliente;
- e o produto em si.

A primeira impressão geral era a de que os erros aconteciam devido a erros de contagem no *picking* por parte do operador; contudo chegou-se à conclusão de que havia muitas outras causas suscetíveis de provocar erros que deviam ser consideradas. À medida que iam surgindo possíveis causas, elas iam sendo adicionadas ao diagrama na respetiva categoria. Esta ilustração visual facilitou a deteção de outras possíveis causas de erros e fez com que fosse mais fácil perceber quais os erros mais prováveis e conseqüentemente onde deveriam incidir as ações de melhoria. As categorias que se revelaram mais críticas, por terem mais causas possíveis de erros, foram as operações e a mão de obra, o que é natural uma vez que têm uma interferência mais direta com o produto. Algumas das causas identificadas foram:

- *picking* da quantidade errada;
- má gestão dos artigos danificados;
- problemas nos equipamentos do *picking*.

Na Figura 16 é possível ver em detalhe todo o diagrama desenvolvido.

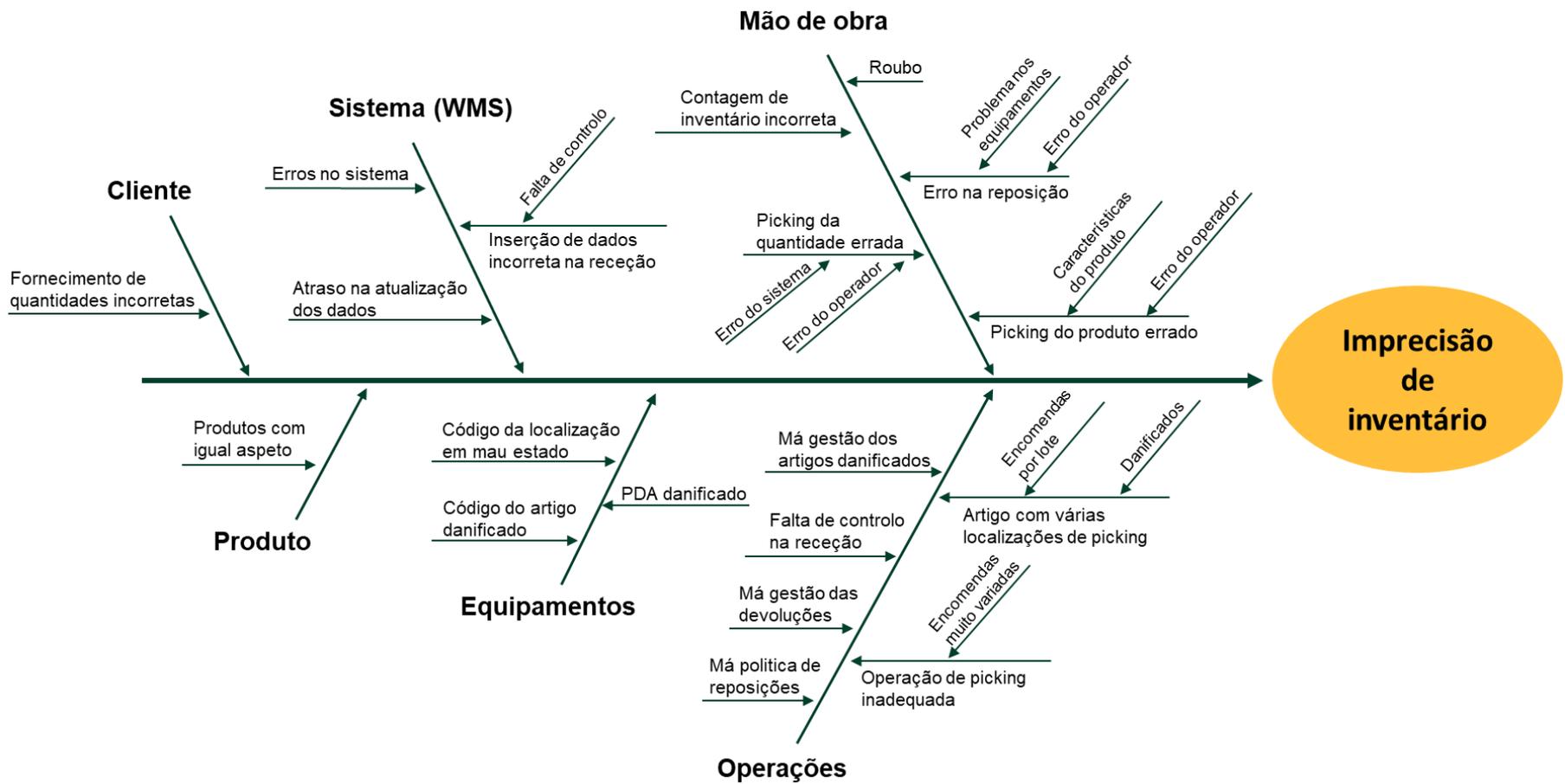


Figura 16 - Diagrama de causa-efeito para o problema da baixa precisão de inventário

5. Melhoria do layout

Como já foi referido, uma das causas para o problema dos elevados custos operacionais com que a Torrestir Logística se depara é a falta de eficiência na localização dos artigos na zona de armazenamento. Esta falta de eficiência pode fazer aumentar em muito os tempos da operação de *picking*, que têm uma relação direta com os custos operacionais. Percebeu-se então que a implementação de medidas que visem a melhoria das localizações de cada artigo, dentro da área destinada a cada cliente, poderia contribuir de forma positiva para a resolução do problema.

Numa reunião com vários elementos da gestão do armazém chegou-se à conclusão que numa primeira fase iria ser estudado e intervencionado apenas um cliente (à semelhança do que aconteceu na implementação da contagem cíclica), de modo a que fosse possível perceber qual o impacto das mudanças feitas e a viabilidade de aplicação das mesmas metodologias noutros clientes. O cliente escolhido foi o Cliente X, o mesmo para o qual foi implementada a contagem cíclica. A decisão de escolher este cliente teve por base o facto de ser um cliente de média dimensão e sem medidas de localização dos artigos que contribuíssem de forma significativa para a eficiência das operações, por isso era expectável que houvesse alguma margem de melhoria nos respetivos processos.

Tendo em vista a melhoria das operações através da reformulação do layout, este capítulo contempla a implementação das metodologias desenvolvidas e os seus resultados. Na secção 5.1 é feita uma introdução à configuração da área e da operação do cliente em estudo para que, quando esses aspetos forem abordados, haja uma compreensão mais clara. Na secção 5.2 é apresentada a análise ABC e o agrupamento dos artigos por famílias, que foi necessário realizar para uma análise adaptada às características dos mesmos. É também feita uma análise da correlação da procura, apresentada na secção 5.3, e na secção 5.4 é apresentado o layout antes e depois das alterações efetuadas. Por fim na secção 5.5 são apresentados os resultados das medidas de melhoria do layout implementadas.

5.1 Configuração da área e operação do Cliente X

Um armazém pode ter diversas disposições, seja pelo tipo de armazenamento, pelo tipo de prateleiras ou pela orientação dos corredores. Mesmo dentro do mesmo armazém podem existir várias disposições diferentes, muitas vezes adaptadas ao tipo de produto com que se está a lidar em cada área. Um aspeto que também difere de armazém para armazém são as terminologias utilizadas, sendo muito importante dominar esse aspeto quando se quer perceber ao detalhe o funcionamento dos mesmos. Assim é importante entender qual a disposição e quais as terminologias utilizadas no armazém em estudo. Relativamente ao Cliente X, a TorresLog utiliza um armazenamento em prateleiras simples, corredores largos (de 3,5 metros de largura) e um corredor perpendicular às filas, no meio do armazém. A identificação de cada localização é feita como está demonstrado na Figura 17 e cada sigla tem o seguinte significado:

- **F**, fila - A fila corresponde ao corredor em que o artigo se encontra. No caso deste cliente está atribuída uma parte da fila 40, metade das filas 41 e 42 e as filas 43 e 44 completas, que estão inseridas na fração C (Anexo C).
- **R**, rack - A rack corresponde à posição dentro de cada fila, podendo ir da 1 até à 27 (nestas filas foi acrescentada uma rack no início, tendo-lhe sido atribuído o número 99).
- **N**, nível - O nível corresponde à posição em altura. Este armazenamento permite 5 níveis de paletes começando no nível 1, que é o nível do chão.
- **C**, coluna - As colunas correspondem à localização por nível dentro de cada rack sendo que cada coluna corresponde a uma paleta do tipo Euro e pode ir de 1 a 3. Uma particularidade deste cliente é que alguns artigos são recebidos e conseqüentemente armazenados em paletes do tipo Americana, com dimensões superiores às do tipo Euro (1,2x1 metros e 1,2x0,8 metros, respetivamente), o que faz com que a coluna do meio fique sobreposta e sem espaço para colocar uma paleta.
- **E**, estante - As estantes são divisórias mais pequenas em cada coluna. Esta divisão só acontece em localizações de *picking* para colocar artigos de menor dimensão. Quando esta divisão não existe o valor é 1, quando existe, vai da estante 1 até à 3.



Figura 17 - Exemplo de referência de localização

As Figura 18 e Figura 19 esquematizam a configuração desta área do armazém.

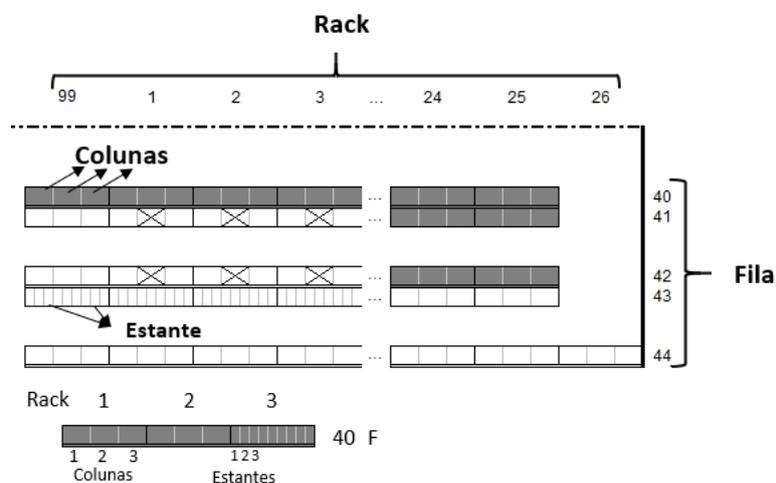


Figura 18 - Esquema simplificado do layout da área de armazenamento do Cliente X

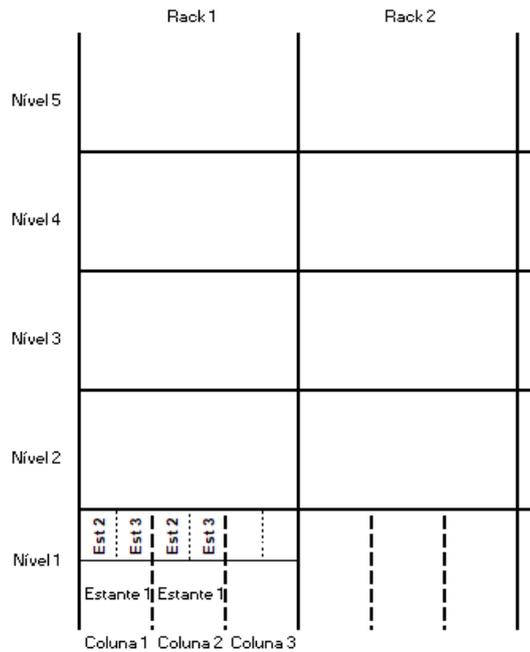


Figura 19 - Esquema ilustrativo da disposição das prateleiras para o Cliente X

Relativamente às operações, o *picking* tem uma maior relevância para o presente estudo. As operações de *picking* são um aspeto que também pode diferir de armazém para armazém, havendo várias estratégias de execução possíveis. Para este cliente a TorresLog utiliza a estratégia de *picking* por encomenda, o que significa que à medida que um operador vai recebendo as encomendas percorre o armazém segundo um percurso pré-estipulado, com o auxílio de um porta paletes elétrico, de modo a recolher todos os artigos da encomenda. Esta operação é feita com recurso a um *Personal Digital Assistant* (PDA), que indica vários dados, como a localização e a quantidade dos artigos a recolher, sendo depois necessário o operador ler com o PDA os códigos de barras da localização e do artigo para a recolha ficar confirmada. A quantidade de artigos por encomenda para este cliente varia muito. Nas encomendas com poucos artigos, estes são recolhidos para dentro de caixas, onde vão ser expedidos. Nas encomendas com mais artigos o *picking* já é feito para paletes, à exceção dos artigos de menor dimensão que são colocados dentro de caixas.

5.2 Análise ABC

Para a realização de uma análise ABC adaptada à realidade prática das operações e das características dos artigos, foi necessário, numa fase inicial, despender algum tempo para a aprendizagem e ambientação com o WMS utilizado no armazém, de modo a que depois fosse mais fácil proceder à recolha e análise de vários tipos de dados. Esses dados incluíam históricos de encomendas, localizações de artigos, histórico de artigos, entre outros. Foi também necessário fazer um acompanhamento dos processos diários das operações relacionadas com o cliente em estudo. Através desse acompanhamento, assim como do acesso a dados históricos, foi possível perceber o comportamento de cada artigo, por exemplo em termos de procura ou reposição, e assim efetuar uma análise ABC ajustada aos artigos em estudo.

Tendo em conta o estudo dos artigos e o acompanhamento das operações, chegou-se à conclusão que não fazia sentido fazer uma dupla análise ABC. Para fazer esta análise só fazia sentido usar como fatores a procura de cada artigo e o seu peso, contudo em relação ao peso não seria realista juntar todos os artigos e diferenciá-los em três categorias (A, B e C), por causa da construção da palete na operação de *picking*. Então a solução encontrada foi a de criar duas famílias de produtos, tendo em conta o peso de cada artigo. Apesar desta divisão, não existem diferenças nas encomendas, podendo artigos das duas famílias estar na mesma encomenda e consequentemente na mesma operação de *picking*. As famílias criadas foram:

- **Sacas grandes** - a famílias das Sacas grandes inclui todos os artigos com peso igual ou superior a 4,5 quilogramas (sacas de 17; 11,4; 6; 5; e 4,5 kg). Para estes artigos, que têm pesos e dimensões mais elevadas, as localizações de *picking* são ao nível do chão e os artigos estão dispostos em paletes completas do tipo Americanas (Figura 20 a).
- **Sacas pequenas** - da família das Sacas pequenas fazem parte todos os artigos com peso inferior a 4,5 kg (sacas de 2; 1,8; e 0,34 kg saquetas e latas de comida húmida, entre outros artigos). No caso desta família, devido à dimensão reduzida dos artigos, a maior parte destes são dispostos dentro de caixas e em estantes, de forma a rentabilizar o espaço da melhor forma possível (Figura 20 b). Contudo, alguns artigos desta família que têm maior frequência de encomenda são dispostos nas localizações de *picking* no chão, em paletes completas do tipo Euro.

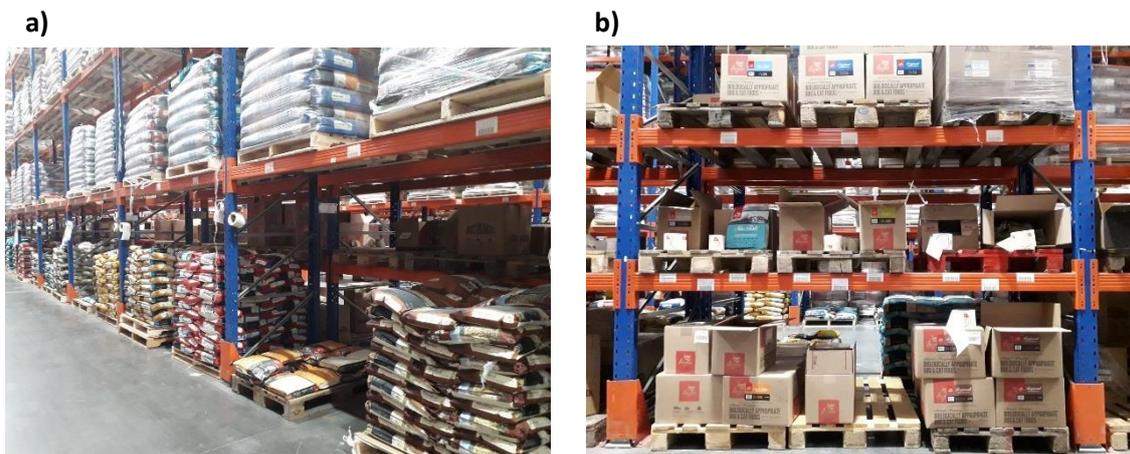


Figura 20 - Exemplo de artigos das famílias a) "Sacas grandes" e b) "Sacas Pequenas"

Tendo em conta as duas famílias de produtos definidas, foi feita uma análise ABC para os artigos de cada uma e em três intervalos de tempo diferentes. Foram analisadas encomendas do Cliente X até ao dia 14 de outubro de 2020 para períodos de um ano (desde 14 de outubro de 2019, 5.835 encomendas), seis meses (desde 14 de abril de 2020, 3.181 encomendas) e dois meses (desde 14 de agosto de 2020, 1.153 encomendas). As análises tendo em conta estes três intervalos de tempo foram realizadas com o objetivo de perceber se havia diferenças significativas nas classificações dos artigos devido a eventuais sazonalidades, o que não se verificou.

Para a realização das análises ABC (Tabela 15), depois de se separar os artigos por família, estes foram ordenados por ordem decrescente tendo em conta a sua procura (isto é, a quantidade de vezes que foram encomendados num certo intervalo de tempo). Com os valores da procura foi também possível calcular a percentagem da procura correspondente a cada artigo, dividindo a sua procura individual pela soma da procura de todos os artigos. Posteriormente, tendo em conta a ordenação previamente estabelecida, os artigos foram numerados, o que permitiu calcular a percentagem acumulada do número de artigos, dividindo o respetivo número pelo número do último artigo. Por fim foram calculados os valores acumulados da percentagem da procura. A divisão dos artigos nas classes A, B e C foi estudada tendo em conta dois critérios: a percentagem acumulada de artigos e a percentagem acumulada da procura, separadamente. Para estes dois estudos foram tidas em conta as seguintes considerações:

- Para a divisão com base na percentagem acumulada da procura considerou-se até 80% artigos A, os seguintes 15% artigos B e os últimos 5% artigos C; porém esta divisão não se revelou útil, uma vez que a quantidade resultante de artigos da classe A era muito superior às restantes.
- Relativamente ao estudo fazendo a divisão com base na percentagem acumulada de artigos, essa divisão foi feita considerando os primeiros 20% artigos da classe A, de 20% a 55% artigos da classe B e de 55% a 100% artigos da classe C. Na Tabela 15 é apresentado um extrato de uma análise ABC que demonstra a divisão das classes A, B e C para a família "Sacac pequenas". As análises completas para ambas as famílias são apresentadas no Anexo F. Esta foi a divisão considerada nas implementações feitas no armazém, para ambas as famílias.

Tabela 15 - Extrato da análise ABC para a família "Sacac pequenas", com os artigos dispostos por ordem decrescente pelos valores da procura

Número do artigo	Referência	Procura	% procura	% acumulada artigos	% acumulada procura	ABC
1	ACH111	1267	3,13%	0,59%	3,13%	A
2	ACH104	943	2,33%	1,18%	5,47%	A
3	NMA1101	830	2,05%	1,78%	7,52%	A
...
33	NMA201	456	1,13%	19,53%	51,60%	A
34	ACH131	444	1,10%	20,12%	52,70%	B
35	NMA1306	426	1,05%	20,71%	53,76%	B
...
92	ORD207	130	0,32%	54,44%	91,28%	B
93	ACT104	128	0,32%	55,03%	91,59%	C
94	ORT512	127	0,31%	55,62%	91,91%	C
...
167	ACP006	1	0,00%	98,82%	100,00%	C
168	ACP007	1	0,00%	99,41%	100,00%	C
169	ACP003	1	0,00%	100,00%	100,00%	C

Apesar da regra originalmente sugerida por Pareto, que afirma que 20% dos artigos correspondem a 80% da procura, não se ter verificado, esta análise revelou-se ainda assim importante para ambas as famílias. No gráfico da Figura 21 é possível verificar que para a família “Sacac pequenas” os artigos da classe A correspondem a mais de 50% da procura e juntando os artigos da classe B a procura ultrapassa os 90%, valores estes que continuam a ser bastante significativos. Também é possível perceber pelo gráfico o porquê de não terem sido escolhidos os valores da procura para a separação por classes: ao separar os artigos da classe A nos 80% da procura, a percentagem de artigos dessa classe seria muito elevada. Para a família “Sacac grandes” os valores obtidos são semelhantes, ainda que inferiores, os artigos da classe A correspondem a 46% da procura e juntando os da classe B correspondem em conjunto a 82% da procura.

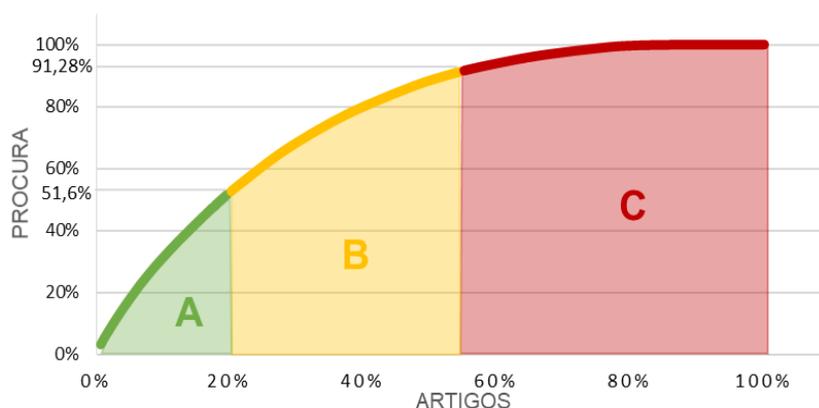


Figura 21 - Gráfico da análise ABC para a família “Sacac pequenas”

Na Tabela 16 são apresentados os resultados das duas análises para os três intervalos de tempo diferentes, porém, para as implementações feitas no armazém, foram usados os valores de um ano. Para a família das sacac grandes foram considerados 70 artigos, dos quais 14 da classe A, 24 da classe B e 32 da classe C. Já para a família das sacac pequenas foram considerados 169 artigos, dos quais 33 são da classe A, 59 da classe B e 77 da classe C, isto para o período de um ano.

Tabela 16 - Resultados das análises ABC considerando vários intervalos de tempo

	Número de artigos por classes, família “Sacac grandes”			Número de artigos por classes, família “Sacac pequenas”		
	1 ano	6 meses	2 meses	1 ano	6 meses	2 meses
A	14	14	14	33	31	30
B	24	24	24	59	54	54
C	32	32	32	77	70	70
Total	70	70	70	169	155	154

5.3 Análise da correlação da procura

Os comportamentos dos consumidores são um fator muito importante no armazenamento dos artigos. Ao estudar esse comportamento é possível adaptar as operações dos armazéns para as tornar mais eficientes. Através do estudo da correlação da procura é possível verificar se existem artigos que tenham tendência a serem encomendados em conjunto. Fazendo essa análise e se essa tendência se

verificar em dois ou mais artigos, pode ser vantajoso armazená-los em locais próximos, diminuindo assim a distância percorrida na operação de *picking*.

Esta análise foi aplicada ao caso em estudo e foi aliada à análise ABC efetuada anteriormente. De modo a diminuir o esforço computacional na obtenção dos resultados, foram considerados apenas os artigos da classe A de ambas as famílias, por terem uma maior importância no funcionamento do armazém. Também para diminuir o esforço computacional foram consideradas as encomendas de seis meses, e não de um ano como na análise ABC, o que significa que foram consideradas 2.698 encomendas. Foi então necessário extrair do WMS para um ficheiro Excel os dados dessas encomendas, contendo as referências de todos artigos presentes em cada uma destas.

Na análise da correlação da procura, e ao contrário do que foi feito na análise ABC, não houve uma separação dos artigos das famílias “Sacac grandes” e “Sacac pequenas”, para se verificar se existiam correlações entre artigos das duas famílias. Combinando os 47 artigos da classe A (resultantes da junção das famílias) aos pares e enumerando todas as combinações possíveis, obtiveram-se 1.081 pares de artigos. Com o auxílio das Tabelas Dinâmicas do software Excel foi possível verificar quantas vezes é que cada par aparecia no total das encomendas e assim calcular a frequência com que cada artigo era encomendado em conjunto com o do respetivo par. Na Tabela 17 figuram algumas dessas combinações e os resultados obtidos. Foram considerados como pares importantes para armazenamento em locais próximos todos os pares em que ambos os artigos tivessem uma procura conjunta com o outro artigo igual ou superior a 45%, tendo sido apurados 18 pares que cumpriam esse critério (Anexo G). Não existindo uma percentagem ideal a partir da qual se deva considerar deixar os pares juntos, os 45% foram decididos tendo em conta a quantidade total de pares que essa percentagem ia originar e o facto de que para os artigos com frequência de par entre os 45% e os 50% o respetivo par tem uma frequência de par superior a 50%. Um aspeto importante a salientar é que todos os pares com frequências altas eram compostos por artigos da família “Sacac pequenas”, os pares compostos somente por artigos da família “Sacac grandes” e que combinassem artigos das duas famílias não obtiveram valores relevantes. Interpretando a Tabela 17, para o primeiro par, a frequência de par para o artigo 1 é de 67%, isto significa que em 67% das vezes que esse artigo é encomendado o artigo 2 também é, já o artigo 2 em 72% das vezes em que é encomendado o artigo 1 também é.

Tabela 17 - Análise da correlação da procura

Artigo1	Artigo2	Quantidade de encomendas			Frequência do par	
		Artigo1	Artigo2	Par	Artigo1	Artigo2
NMA1200	NMA1202	262	244	176	67%	72%
NMA1202	NMA1203	244	322	161	66%	50%
NMA1200	NMA1203	262	322	169	65%	52%
NMA1201	NMA1203	315	322	203	64%	63%
NMA1200	NMA1201	262	315	166	63%	53%
NMA105	NMA106	277	247	167	60%	68%
NMA1100	NMA1101	387	393	233	60%	59%
NMA1102	NMA1103	298	287	175	59%	61%
ACH101	ACH111	412	658	237	58%	36%

5.4 Mudança de layout

Depois da análise ABC estar terminada, o layout da área correspondente ao Cliente X foi preenchido consoante a classificação do artigo que ocupava cada localização de *picking*. Como é possível ver na Figura 22 este layout não apresenta qualquer tipo de otimização. Os artigos das classes A, B, ou C estão misturados e existem muitos espaços vazios em localizações importantes. Esta área do armazém apresenta este aspeto uma vez que o critério utilizado para o armazenamento dos artigos era apenas o seu peso e havia também uma separação de uma gama de artigos de ração húmida. Com a criação das duas famílias deixou de haver necessidade de arrumar os artigos de acordo com o peso, uma vez que a separação feita por famílias era suficiente. Deixou também de ser necessário fazer a separação das rações húmidas, dado que esses artigos foram adicionados à família das Sacas pequenas.

Como é possível perceber com a descrição da secção 5.1 do presente documento, na Figura 22 as localizações que pertencem a *racks* que estão divididas em três, correspondem a artigos mais pesados e que estão dispostos diretamente no chão. Nas *racks* que estão divididas em nove compartimentos estão localizados os artigos mais leves e que estão dispostos em estantes.

Tendo em conta o estado em que esta área do armazém se encontrava, foi feita uma proposta de mudança de layout. Essa proposta teve por base a separação em famílias, as respetivas análises ABC e a análise da correlação da procura. Para a nova configuração, foi tomada a decisão de que na fila 43, em algumas *racks*, em vez de se dividir cada coluna em três estantes seriam divididas em apenas duas. Esta mudança permite que os novos artigos que vão ocupar essas localizações não precisem de uma reposição tão frequente e assim o processo de reposição fica facilitado. Com o objetivo de apresentar a melhor solução possível para a mudança de layout, foi também estudada a secção 3.4.4 da dissertação, uma vez que havia características importantes a ter em conta como o formato em U do armazém e o facto de a operação terminar junto ao local onde começa.

Numa reunião em que a proposta foi apresentada foram discutidos quais os ajustes necessário, e por fim chegou-se ao layout apresentado na Figura 23. Para esta mudança foi sempre tido em conta o objetivo da dissertação que visa a redução dos custos operacionais, afetados pelos tempos da operação de *picking*, consequência das distâncias percorridas. No novo layout a família das sacas grandes ocupa na totalidade as filas 41 e 42, até à *rack* 12. Já a família das sacas pequenas está toda dispostas nas filas 43 e 44, também até à *rack* 12. A alguns dos artigos da classe C de ambas as famílias não foi atribuída localização de *picking* no nível 1. Esta decisão prendeu-se com o facto de que estes artigos são encomendados muito poucas vezes por ano e por esse motivo não se justifica estarem numa localização ao nível do chão. Estas alterações permitiram deixar livres metade dos corredores 43 e 44, podendo a empresa destiná-los para outros fins.

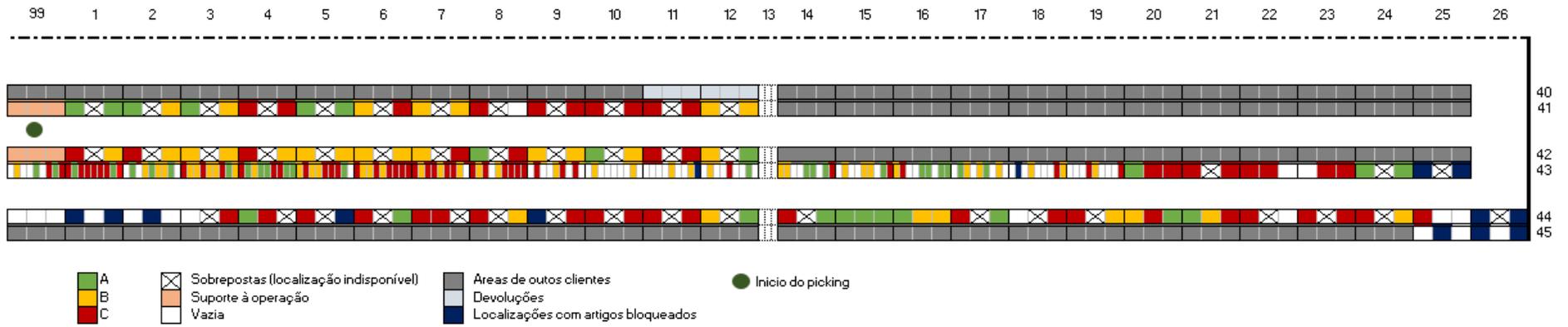


Figura 22 - Layout da área do Cliente X com a ilustração das localizações de *picking* antes das alterações no armazém

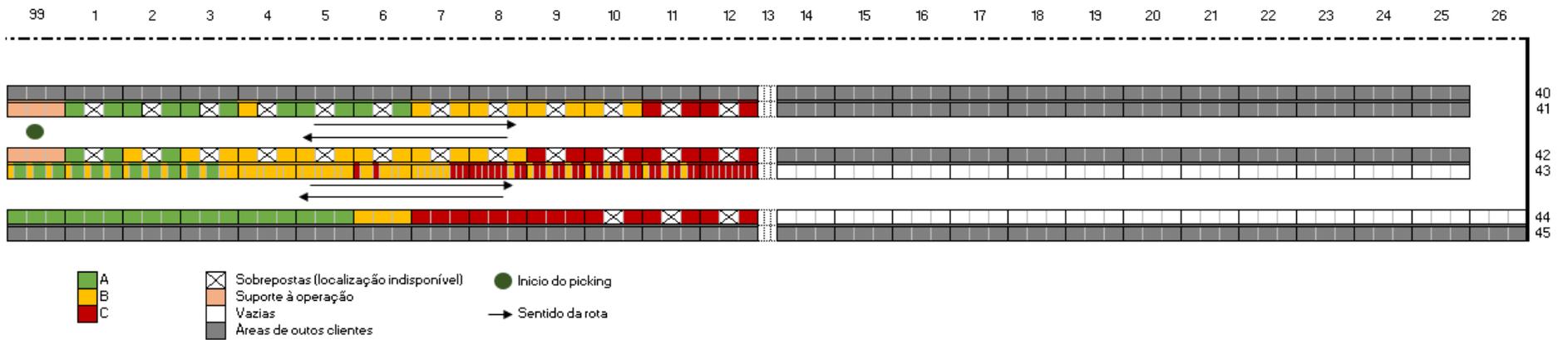


Figura 23 - Layout da área do Cliente X com a ilustração das localizações de *picking* após alterações no armazém

5.5 Resultados

Para se chegar a conclusões concretas sobre as mudanças implementadas, foram estudados e comparados os tempos das operações de *picking* antes e depois da mudança de layout. Os tempos do *picking* são um indicador de desempenho que a empresa não tem implementado de forma automática, por isso foi necessário recolher esses tempos. Foi pedido ao colaborador que geralmente passa mais tempo nas operações do cliente em estudo para que, a partir do dia 14 de setembro, começasse a anotar os tempos do *picking* de todas as encomendas que realizasse. Foi explicado a este operador o que se pretendia, e dadas instruções de quando deveria iniciar e terminar a contagem do tempo. Numa fase inicial este processo foi acompanhado, para averiguar se estava a ser feito da forma correta e para perceber o desenvolvimento da operação antes de serem empreendidas quaisquer alterações no layout.

Ao longo do processo de recolha dos tempos tentou-se considerar o maior número de encomendas possível. Quanto mais registos houvesse, maior seria a amostra e mais robustos seriam os resultados. Para dar fiabilidade ao estudo, foi, porém, necessário impor algumas restrições de forma a não considerar tempos de *picking* que sofreram interrupções. Estas restrições foram as seguintes:

- não considerar encomendas que preenchessem mais do que uma palete – quando as encomendas têm um volume tão elevado que faz com que sejam expedidas em mais do que uma palete, há interrupções no *picking* para a troca de paletes;
- não considerar as operações que necessitassem de reposição – também obrigava à interrupção da operação;
- não considerar outras operações que, por outro motivo, sofressem paragens.

Como já foi referido anteriormente, neste armazém o Cliente X armazena artigos para distribuição em Portugal e em Espanha. Nos artigos que são distribuídos em Portugal há a necessidade de colocar um rótulo adicional em cada embalagem, o que não acontece nos artigos que vão ser distribuídos em Espanha. Este processo acontece na altura do *picking*, ou seja, quando o operador recolhe um artigo insere o respetivo autocolante. Uma vez que existe esta diferença no *picking* das encomendas para Portugal e para Espanha, foi necessário separar os tempos dos dois países, já que teoricamente a operação para Portugal é ligeiramente mais demorada. Inicialmente foram registados os tempos das operações para os dois países, com o objetivo de comparar ambos os comportamentos, contudo as especificidades das encomendas para Espanha (a maior parte destas contendo muitos artigos) e o facto de serem menos frequentes, não tornou viável a utilização destes dados uma vez que a amostra era muito reduzida.

A recolha de tempos estendeu-se durante duas fases: antes das alterações no layout e depois dessas alterações, tendo sido apurados resultados para cada fase, de modo a possibilitar uma comparação entre ambas.

Primeira fase

A primeira fase de recolha consistiu no registo dos tempos antes das melhorias no layout. Esta fase estendeu-se até ao dia em que foram feitas as alterações na localização dos artigos, o que só foi possível no dia 21 de novembro, uma vez que uma intervenção tão profunda no armazém tinha de ser feita num dia em que a operação estivesse completamente parada.

Nesta fase foi considerado um total de 111 tempos de encomendas para Portugal. No histograma da Figura 24 é possível verificar que a maior parte das operações de *picking*, cerca de 50%, demoram entre 2 e 9,7 minutos. Nota-se ainda uma assinalável variedade de valores, o que se coaduna com a diversidade das encomendas. Essa diversidade pode ser notada nos histogramas da Figura 25 e da Figura 26. Na Figura 25 verifica-se uma grande variedade na quantidade de artigos por encomenda: cerca de 70% das encomendas consideradas têm até 13 artigos, mas existem encomendas com um máximo de 37. Já na Figura 26 é possível verificar que há uma maior concentração em encomendas que tenham até 14 unidades, sendo que neste caso há encomendas com 74 unidades.

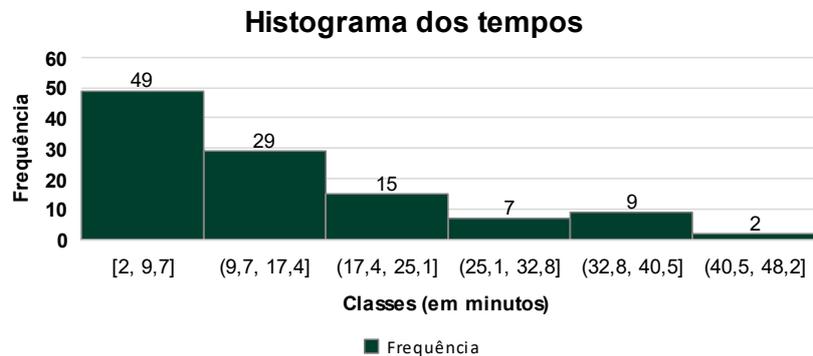


Figura 24 - Histograma dos tempos do *picking* na primeira fase de recolha de tempos

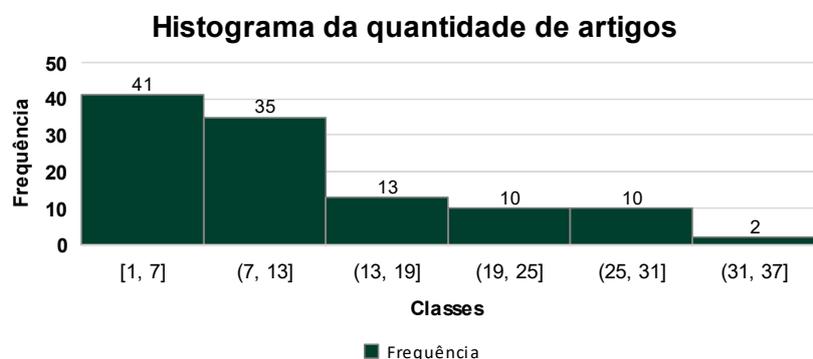


Figura 25 - Histograma da quantidade média de artigos por encomenda na primeira fase de recolha de tempos

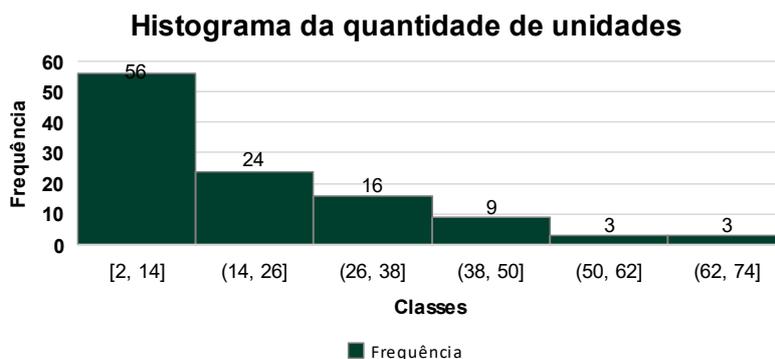


Figura 26 - Histograma da quantidade média de unidades por encomenda na primeira fase de recolha de tempos

Na Tabela 18 são apresentados os resultados médios das encomendas consideradas. Das 111 encomendas resultou uma média de cerca de 12 artigos diferentes por encomenda e quase 20 unidades, o que significa que em média as encomendas não chegavam a ter duas unidades por artigo (média de 1,69 unidades). Já em relação aos tempos, resultaram numa média de pouco mais de 14 minutos para completar o *picking*. A média do tempo por artigo foi de um minuto e 12 segundos e por unidade o *picking* demora em média 43 segundos.

Tabela 18 - Resultados da primeira fase de recolha de tempos

	Artigos	Unidades	Tempo (em minutos)	Tempo (em segundo)
Média por encomenda	11,7	19,7	14,11	846
Média por artigo	N.D.	1,69	1,20	72
Média por unidade	N.D.	N.D.	0,71	43

Segunda fase

A segunda fase de recolha de tempos, consistiu na recolha dos tempos da operação de *picking* após serem feitas alterações na localização dos artigos. Esta fase começou logo após a implementação das alterações, no dia 23 de novembro, e estendeu-se até ao dia 18 de dezembro.

Para que fosse possível melhorar os tempos obtidos na primeira fase, e assim atingir os objetivos desta dissertação, foi feita uma alteração profunda à localização dos artigos no armazém. Esta alteração teve por base as análises realizadas e explicadas ao longo deste capítulo. Para além dos artigos terem sido alocados separadamente por famílias e consoante os resultados das análises ABC, o que deu origem ao layout da Figura 23, os artigos foram também alocados de acordo com a análise da correlação da procura. Os artigos para os quais se verificou serem encomendados em conjunto na maior parte das vezes, foram armazenados o mais próximo possível (quase sempre lado a lado). A Figura 27 demonstra a alocação de alguns desses pares de artigos, que têm todos, entre si, uma elevada taxa de encomenda em conjunto.



Figura 27 - Exemplo de artigos localizados consoante a análise da correlação da procura

Na segunda fase foram considerados 88 tempos de encomendas. Este número é menor do que os registados na primeira fase, explicando-se pelo facto do intervalo temporal para a recolha de tempos ter sido menor. Nesta fase os tempos do *picking* por encomenda foram consideravelmente diferentes da primeira fase, como demonstra a Figura 28, contudo não podem ser feitas comparações imediatas entre os tempos totais das operações das duas fases porque a estrutura das encomendas foi diferente. Como é possível constatar na Figura 28, nesta fase, o *picking* da maior parte das encomendas demora entre 1 e 6,4 minutos, tendo havido alguma diversidade de tempos a partir destes valores, o que também se mostrou natural devido às diferenças entre encomendas. Na Figura 29 é possível verificar que houve uma tendência bastante significativa para encomendas até cerca de 8 artigos, que perfizeram metade das encomendas. Já a Figura 30 mostra que metade das encomendas tinham até 15 unidades, contudo houve encomendas com mais de 63 unidades.

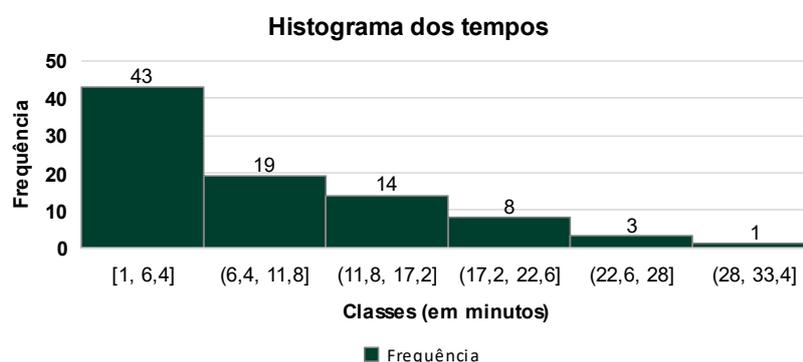


Figura 28 - Histograma dos tempos do *picking* na segunda fase de recolha de tempos

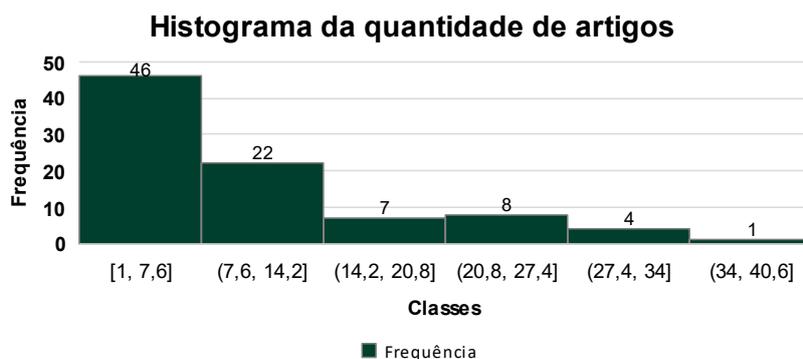


Figura 29 - Histograma da quantidade média de artigos por encomenda na segunda fase de recolha de tempos

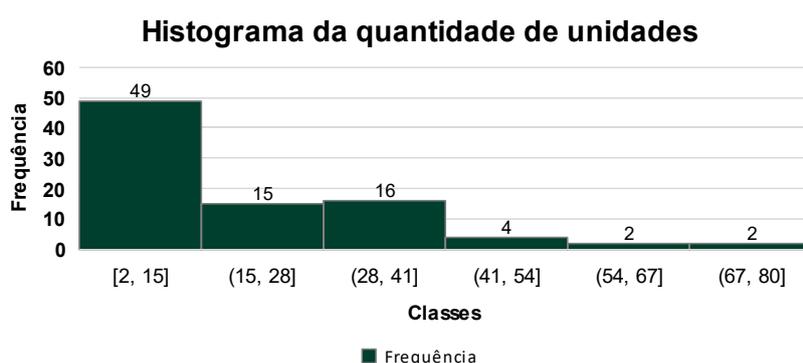


Figura 30 - Histograma da quantidade média de unidades por encomenda na segunda fase de recolha de tempos

Na Tabela 19 são apresentados os resultados médios das encomendas consideradas na segunda fase de recolha de tempos. No total das 88 encomendas resultou uma média de cerca de 10 artigos diferentes por encomenda e praticamente duas unidades por artigo (média de 1,9 unidades), sendo que a média de unidades por encomenda foi de 18,9 unidades. Em relação aos tempos, em média cada operação de *picking* demorou cerca de 9 minutos para estar finalizada. A média de tempo por artigo foi de 53 segundos e por unidade foi de 29 segundos.

Tabela 19 - Resultados da primeira fase de recolha de tempos

	Artigos	Unidades	Tempo (em minutos)	Tempo (em segundos)
Média por encomenda	10,3	18,9	9,1	546
Média por artigo	N.D.	1,9	0,88	53
Média por unidade	N.D.	N.D.	0,48	29

Comparação das duas fases

Após o apuramento dos resultados das duas fases de registos de tempos, é possível fazer uma comparação para avaliar o impacto que as alterações no layout dos produtos provocaram na operação de *picking*.

Relativamente à composição das encomendas houve uma ligeira diferença entre as duas fases. Na segunda fase as encomendas consideradas originaram em média menos 1,46 artigos e 0,8 unidades por encomenda. Esta é uma diferença reduzida, mas torna natural que ao nível da operação de *picking* a segunda fase tenha originado uma média inferior, tendo demorado em média menos 5 minutos. Contudo se os valores do tempo forem apreciados ao artigo, e especialmente à unidade, é possível constatar com segurança que houve uma redução no tempo das operações, originada pelas alterações feitas no layout. Por artigo a redução foi de 19 segundos, ou seja, menos 27% do tempo, e por unidade foi de 14 segundos, o que equivale a menos 33% do tempo. A Tabela 20 apresenta a comparação dos valores das duas fases.

Tabela 20 - Comparação dos resultados das duas fases de recolha de tempos

		1ª fase	2ª fase	Diferença	Diferença %
Média por encomenda	Artigos	11,7	10,3	-1,46	-12%
	Unidades	19,7	18,9	-0,80	-4%
	Tempo (min)	14,1	9,1	-5,0	-36%
	Tempo (s)	846	546	-304	-36%
Tempo médio por artigo (s)		72	53	-19	-27%
Tempo médio por unidade (s)		43	29	-14	-33%

Com esta redução no tempo da operação do *picking* é possível prever a poupança nos custos da operação. Para estes cálculos foram usados os valores relativos ao tempo médio de *picking* por cada unidade, uma vez que são os mais fiáveis para comparação devido às diferenças na quantidade de artigos por encomenda e de unidades por artigo. Na Tabela 21 são apresentados os dados considerados para o cálculo da poupança, sendo que a TorresLog tem um custo estimado por operador de 9,50 € por hora. Tendo em conta esses dados, foram calculados os valores da poupança, apresentados na Tabela 22, para os quais foi considerada uma média semanal de 110 encomendas. Prevê-se então que as alterações efetuadas no layout gerem uma poupança de 80€ por semana, podendo atingir os 4.156€ por ano (considerando 52 semanas por ano).

Tabela 21 - Dados para o apuramento da poupança nos custos

Dados	
Tempo poupado por unidade	14 seg.
Média de unidades por encomenda*	19
Custo/hora de um operador	9,50 €
*média das unidades por encomenda antes e depois das alterações	

Tabela 22 - Poupança nos custos gerada pelas alterações no layout

	Semana	Ano*
Encomendas	110	5.720
Tempo poupado (horas)	8,4	437,4
Poupança	80 €	4.156 €
*consideradas 52 semanas por ano		

6. Conclusão

Este capítulo tem como objetivo apresentar as principais conclusões da presente dissertação. Na secção 6.1 são apresentadas as conclusões finais, onde é exposto o contexto em que foi desenvolvida a dissertação, é feito um balanço do trabalho prático desenvolvido e são apresentados os principais resultados, sendo possível concluir que o objetivo da dissertação foi cumprido. Na secção 6.2 são feitas algumas recomendações à empresa TorresLog. Essas recomendações são consequência dos resultados obtidos no trabalho prático, mas também do acompanhamento do dia a dia das operações do armazém.

6.1 Conclusões finais

A presente dissertação foi realizada em ambiente empresarial, no armazém da empresa Torrestir Logística, na Azambuja, e teve como fator de relevante influência o contexto em que foi desenvolvida. O trabalho foi desenvolvido na altura da pandemia de Covid-19, o que pode ter influenciado os resultados aqui apresentados. Esta conjuntura obrigou a constantes adiamentos do início do trabalho em conjunto com a empresa e a cuidados especiais no armazém, o que limitou muito o tempo para atingir os objetivos propostos. Contudo, desde o dia 7 de setembro até ao dia 18 de dezembro foram passados pelo menos quatro dias por semana nas instalações da empresa, com os objetivos de perceber o funcionamento dos processos do armazém, recolher constantemente dados e implementar medidas de melhoria.

Após vários contactos, a empresa apresentou ao aluno um problema que pretendia ver resolvido: os elevados custos operacionais com que se vinha a deparar. Tendo como objetivo diminuir esses custos, e com a consciência de que vários fatores podiam contribuir para o problema, os gestores do armazém pretendiam com esta dissertação ver melhorados dois processos específicos: o controlo de inventário e o layout da disposição dos produtos nas zonas de armazenamento.

Dado o problema apresentado pela empresa, o objetivo proposto para a dissertação foi a implementação de medidas que contribuíssem de forma positiva para a resolução do problema dos elevados custos operacionais. Para atingir estes objetivos procurou-se melhorar os processos de controlo de inventário e a localização dos produtos, indo de encontro aos interesses dos gestores da empresa. De modo a facilitar e a dar segurança à implementação das medidas de melhoria, foi feito um acompanhamento das atividades diárias dos processos em armazém do Cliente X, e todas as implementações desenvolvidas foram suportadas por uma revisão aprofundada da literatura científica sobre possíveis soluções a colocar em prática. O Cliente X foi o cliente escolhido para apurar o impacto das medidas tomadas, permitindo apurar a viabilidade de as replicar para outros clientes.

Numa fase inicial foi logo possível compreender que havia uma margem significativa para melhoria. Relativamente ao controlo do inventário percebeu-se a grande lacuna que havia neste processo. Após as primeiras semanas de contagens a percentagem de artigos com diferenças nos registos já era muito elevada, o que mostrava a falta de controlo existente e fazia aumentar os custos operacionais. Para

melhorar o funcionamento deste processo foi desenvolvida uma metodologia de contagem cíclica, de modo a perceber o estado do inventário através da métrica IRA. Esta métrica indica a precisão dos registos de inventário quando comparados com o inventário real.

No que diz respeito ao layout das localizações dos artigos, era visível a falta de organização. Havia muitas localizações sem alocação de artigos, muitos artigos em várias localizações, e nenhuma preocupação em alocar os produtos com maior taxa de encomenda nas localizações mais próximas da zona de expedição. Foi possível comprovar a percepção negativa que se formou com a concretização da Figura 22 (ver página 56). Para melhorar este aspeto tão importante no funcionamento do armazém, foi feita uma análise detalhada aos mais de 200 artigos do Cliente X de modo a perceber o seu comportamento e assim proceder à implementação das medidas mais adequadas. Foram então criadas duas famílias de artigos, tendo em conta os seus pesos, e foi feita uma análise ABC para cada família, considerando como fator diferenciador a procura de cada artigo. Esta análise foi realizada com dados de encomendas de um ano, seis meses e dois meses, não se tendo verificado alterações significativas na classe de cada artigo nos diferentes períodos, o que permite à empresa rever esta análise anualmente. Foi também feita uma análise da correlação da procura de modo a perceber quais os artigos que têm tendência a ser encomendados em conjunto e assim alocá-los o mais próximos possível. Após as análises estarem terminadas e ser gerada uma nova localização para cada artigo, procedeu-se à mudança física das localizações.

Depois de efetuadas as alterações no layout, as operações de *picking* foram acompanhadas durante vários dias para se perceber se existia algum conflito entre as operações e as novas localizações, e para se perceber o novo comportamento da operação. Nesta etapa do trabalho foi possível verificar que a análise da correlação da procura e consequente alocação de posições tendo em conta essa análise foi uma mais valia para a operação. Foi confirmado que o facto de se colocar os artigos com uma elevada frequência de encomenda em conjunto o mais próximos possível, diminuiu consideravelmente as distâncias de viagem e consequentemente o tempo da operação.

Em relação aos resultados, com a implementação da contagem cíclica e da fórmula do IRA foi obtida uma precisão final do inventário de 88%, um valor que a empresa considera demasiado abaixo daquilo que é aceitável (sendo aceitáveis valores próximos de 100%). Estes valores foram apurados ao longo de nove dias de contagem, tendo sido contados todos os 215 SKUs em localizações de *picking*. Uma vez que o período temporal entre a contagem cíclica implementada e a última contagem de inventário realizada pela empresa era demasiado grande, tornou-se impossível perceber quando é que os erros aconteceram, e por isso não foi possível apurar as causas para as diferenças encontradas. Contudo foi feito um levantamento, através de um diagrama de causa-efeito, para se perceber quais as possíveis causas que estão a originar as imprecisões no inventário. Este tipo de diagrama era algo que a empresa não tinha implementado e que se pode revelar importante para a melhoria do processo de controlo de inventário. Devido ao tempo limitado para as contagens não houve oportunidade para fazer um novo ciclo de contagens de forma a descobrir e eliminar as causas dos erros, porém esse é um trabalho que já está a ser feito pela empresa com algumas medidas, incluindo medidas de contagem cíclica, implementadas após o apuramento destes resultados. Essas medidas são a contagem das unidades

totais presentes na paleta de cada encomenda após o *picking* estar terminado e a contagem semanal de uma percentagem de localizações de *picking* de SKUs encomendados nessa semana. Com esta mudança no processo de controlo de inventário não foi possível prever uma potencial poupança nos custos, uma vez que não foram fornecidos a tempo dados relativos aos custos inerentes a diferenças de inventário noutros anos. No entanto é possível antever que uma melhoria nos valores da precisão para valores próximos dos 100% vai originar uma melhoria significativa nesses custos.

Quanto aos resultados das medidas implementadas para a melhoria da localização dos artigos, de modo a que se percebesse o impacto das alterações feitas, foi pedido a um colaborador para registar os tempos das suas operações, várias semanas antes das alterações. Assim foi possível obter resultados comparáveis e perceber eventuais melhorias na produtividade. Na primeira fase de recolha de tempos, antes das alterações do layout, obteve-se uma média de cerca de 14 minutos por operação de *picking* e 43 segundos por unidade. Já na segunda fase o tempo médio por operação foi de 9 minutos e de 29 segundos por unidade. Isto significa que houve uma redução de 14 segundos por unidade, na segunda fase, o que equivale a um decréscimo de 33%. Com esta poupança no tempo de *picking* estimou-se uma potencial redução nos custos por semana de 80€, que pode chegar a 4.156€ por ano. Estes valores demonstram o impacto significativo que as alterações tiveram na operação do Cliente X. Se o impacto for semelhante para pelo menos 10 dos 25 clientes do armazém a poupança pode ultrapassar os 40.000€ por ano.

Apesar do contexto desfavorável em que decorreu esta dissertação, pode concluir-se que os objetivos foram atingidos. Foram melhoradas as operações propostas e com isso foi gerada uma potencial diminuição nos custos operacionais.

6.2 Recomendações e trabalho futuro

Tendo em conta os resultados atingidos e para que os processos da Torrestir Logística sejam constantemente melhores, são deixadas algumas recomendações de trabalho futuro que se podem revelar importantes. Recomenda-se à empresa a implementação das metodologias desenvolvidas nesta dissertação para os restantes clientes do armazém, tanto ao nível do controlo de inventário como da localização dos produtos. Tendo em conta que apenas se trabalhou numa parte muito reduzida do armazém, acredita-se que estas medidas possam vir a ter um impacto assinalável quando aplicadas à totalidade dos clientes, ou pelo menos para aqueles a que se mostrem adaptáveis.

Relativamente ao controlo do inventário, é importante numa primeira fase aferir os valores do IRA e depois tomar medidas para a eliminação das causas de erro, se esses valores se revelarem insatisfatórios, à semelhança do que foi feito para o cliente em estudo. De modo a melhorar os processos de controlo de inventário sugere-se ainda o seguinte trabalho:

- Insistir na **formação** dos colaboradores para reduzir a probabilidade de erros no *picking*.
- Criar uma **folha de contagem de reposição** para que o operador quando vai fazer a reposição insira a data e a quantidade de unidades que estão na respetiva localização, e compare com os valores do sistema. Se houver discrepância procura-se imediatamente a causa do erro,

partindo-se do princípio que aconteceu depois da última reposição. Assim, quando for detetado um erro, “apenas” é necessário ir conferir os movimentos desde a última reposição registada na folha.

- Criar um **incentivo** para os colaboradores caso seja atingida uma certa percentagem no IRA, num certo intervalo de tempo. Isto cria uma motivação extra, o que pode fazer com que os colaboradores tenham mais cuidados na operação e conseqüentemente os erros sejam reduzidos.
- Implementar a **contagem cíclica segundo a análise ABC** (ver página 28). Após os valores do IRA atingirem níveis estáveis e considerados aceitáveis para a empresa, este é um método seguro para manter o bom funcionamento do controlo de inventário.

Relativamente à localização dos produtos, para além da implementação no restante armazém das medidas desenvolvidas na presente dissertação, para diminuir os tempos do *picking* sugere-se ainda o seguinte trabalho:

- Calcular a **taxa de rotação** dos artigos nas localizações de *picking*. O facto de para o cliente em estudo vários artigos serem armazenados em estantes, faz com que alguns tenham de ser reabastecidos com maior frequência, principalmente porque as diferentes dimensões de cada artigo fazem com que a quantidade colocada em cada localização seja diferente. Então ao estudar a taxa de rotação nas localizações de *picking* é possível perceber que produtos precisam de ser reabastecidos com maior ou menor frequência. Assim é possível ajustar o armazenamento de cada artigo compreendendo quais devem, ou não, estar em estantes. Isto vai fazer com que seja possível alocar artigos a posições ainda mais favoráveis, tendo em conta a sua frequência de encomenda.
- Tornar as localizações de ***picking* fixas**. Ao tornar as localizações de *picking* fixas o WMS da empresa apenas permite colocar naquela localização o artigo que a ela foi alocado. Isto ajuda a manter a organização dos artigos, principalmente depois das análises feitas. Para além disso também contribui para um melhor controlo de inventário porque torna mais difícil haver várias localizações com o mesmo SKU e a troca de artigos nas localizações.
- Implementar sistema de **stock mínimo** nas localizações de *picking*. Foi possível verificar, com o acompanhamento das operações, que os operadores eram obrigados a parar a atividade várias vezes porque não tinham quantidade suficiente de um artigo para recolher. Foi notório que isso acrescenta tempo desnecessário à operação, uma vez que o operador parava aquela encomenda, ia trocar de palete para continuar as encomendas restantes e mais tarde tinha de voltar à paleta com artigos em falta para acabar aquele *picking*, depois de ter sido feita a reposição. Os stocks mínimos são algo que é possível inserir no WMS da empresa, sendo que depois é preciso ter em atenção que as reposições devem ser feitas após o término do turno em que é feito o *picking*, para não interferir com a operação.
- Rever a estratégia de *picking* e testar a implementação do ***cluster picking***. Foi também possível verificar que há várias encomendas de poucas unidades para o cliente em estudo. Se o operador na mesma rota completasse pelo menos duas encomendas, conseguiria reduzir os

tempos de operação uma vez que o que acontece é que volta sempre ao ponto inicial quando acaba uma encomenda. O método do *cluster picking* consiste em recolher os produtos para pelo menos duas encomendas diferentes na mesma rota e fazer a separação no momento da recolha dos artigos, o que reduz o número de rotas e conseqüentemente o tempo total das operações (Aboelfotoh et al., 2019). O número de encomendas a satisfazer na mesma rota depende do número de artigos, do número de unidades ou do volume dos artigos.

- Rever o método do *picking* e testar a implementação do **Voice picking**. O método de *picking* utilizado no armazém da TorresLog obriga à utilização de um PDA para leitura de códigos de barras. Isto tem um impacto muito grande na operação porque muitas vezes torna-se difícil movimentar sacas de 17 quilos, ou mesmo outros artigos mais pequenos, estando com uma mão ocupada. O facto de por várias vezes o operador ter de pousar o leitor é mais tempo que se acrescenta à operação. Para evitar esta situação existem já métodos de *picking* que permitem deixar ambas as mãos livres. O *voice picking* é um método onde o operador recebe e partilha a informação através de um auricular e pode provocar um aumento muito significativo na produtividade (Wong, 2016).
- Criar **incentivos** para os colaboradores caso completem um determinado número de encomendas num certo intervalo de tempo. Pode ser mais correto a implementação ao nível das unidades uma vez que há uma grande variedade do tipo de encomendas e assim seria algo uniforme.

Referências¹

- Aboelfotoh, A., Singh, M., & Suer, G. (2019). Order batching optimization for warehouses with cluster-picking. *Procedia Manufacturing*, 39(2019), 1464–1473.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.302>
- Amjed, T. W., & Harrison, N. J. (2013). A model for sustainable warehousing: from theory to best practices. *2013 International DSI and Asia Pacific DSI Conference Proceedings*, 1892–1919.
- Andersen, B., & Fagerhaug, T. (2006). *Root Cause Analysis* (2nd ed.). American Society for Quality.
- Andrada, M. F., & Biscocho, M. R. (2019). A study on the facility layout and design of sugar plants in the Philippines. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, MAR 5-7, 1248–1258.
- Avdekins, A., & Savrasovs, M. (2019). Making Warehouse Logistics Smart by Effective Placement Strategy Based on Genetic Algorithms. *Transport and Telecommunication Journal*, 20(4), 318–324. <https://doi.org/10.2478/ttj-2019-0026>
- Baby, B., Prasanth, N., & Jebadurai, S. S. (2018). Implementation of lean principles to improve the operations of a sales warehouse in the manufacturing industry. *International Journal of Technology*, 9(1), 46–54. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v9i1.1161>
- Bartholdy, J. J., & Hackman, S. T. (2014). *Warehouse and distribution science*. Georgia Institute of Technology. <http://www2.isye.gatech.edu/~jjb/wh/book/editions/wh-sci-0.96.pdf>
- Batarliene, N., & Jarašuniene, A. (2017). “3PL” Service Improvement Opportunities in Transport Companies. *Procedia Engineering* 187, 187, 67–76. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.351>
- Boysen, N., de Koster, R., & Weidinger, F. (2019). Warehousing in the e-commerce era: A survey. *European Journal of Operational Research*, 277(2), 396–411.
<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.08.023>
- Brooks, R. B., & Wilson, L. W. (2007). *Inventory Record Accuracy: Unleashing the Power of Cycle Counting* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Çelik, M., & Süral, H. (2019). Order picking in parallel-aisle warehouses with multiple blocks : complexity and a graph theory- based heuristic. *International Journal of Production Research*, 57(3), 888–906. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1489154>
- Christiansen, H. (2015). *Effective Warehouse Management Using Lean and Six Sigma*. University of Stavanger.

¹ Para a gestão das referências bibliográficas foi utilizado o software Mendeley com a formatação “American Psychological Association 7th edition”. Sempre que os artigos continham o *Digital Object Identifier* (DOI), este foi também inserido na bibliografia.

- Christopher, M. (2011). *Logistics & Supply chain Management*. Prentice Hall.
- Council of Supply Chain Management Professionals. (2013). Supply chain management terms and glossary. *The Grants Register 2018*, 266–267. https://doi.org/10.1007/978-1-349-94186-5_366
- de Koster, R., Le-duc, T., & Roodbergen, K. J. (2007). Design and control of warehouse order picking: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 182, 481–501. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.07.009>
- Emilie, P., Manon, E., & Mauricio, C. (2019). A systematic multicriteria-based approach to support the implementation of a Warehouse Management System in the context of humanitarian logistics. *Proceedings - 2019 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation, ICE/ITMC 2019*, 1989. <https://doi.org/10.1109/ICE.2019.8792670>
- Emmet, S. (2005). *Excellence in Warehouse Management: How to Minimise Costs and Maximise Value*. John Wiley & Sons.
- Eurostat. (2019). *Energy, Transport and environment statistics. 2019 edition*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2785/660147>
- Fan, J., & Wang, G. (2018). Joint optimization of dynamic lot and warehouse sizing problems. *European Journal of Operational Research*, 267(3), 849–854. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.12.019>
- Fitriasari, N., Haryanto, T., & Yuliansyah, N. (2018). Reducing Linen Loss in Hospital Using Lean Six Sigma Approach. *The 2nd International Conference on Hospital Administration, KnE Life Sciences*, 199–2016. <https://doi.org/10.18502/cls.v4i9.3572>
- Frazelle, E. (2002). *Supply Chain Strategy: The Logistics of Supply Chain Management*. McGraw-Hill.
- Gibson, B. J., Mentzer, J. T., & Cook, R. L. (2005). Supply Chain Management: the Pursuit of a Consensus Definition. *Journal of Business Logistics*, 26(2), 17–25. <https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2005.tb00203.x>
- Grosse, E. H., Glock, C. H., & Neumann, W. P. (2017). Human factors in order picking: a content analysis of the literature. *International Journal of Production Research*, 55(5), 1260–1276. <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1186296>
- Gu, J., Goetschalckx, M., & McGinnis, L. F. (2005). Research on warehouse design and performance evaluation: A comprehensive review. *European Journal of Operational Research*, 203(3), 539–549. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.07.031>
- Gu, J., Goetschalckx, M., & McGinnis, L. F. (2007). Research on warehouse operation: A comprehensive review. *European Journal of Operational Research*, 177(1), 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.02.025>

- Gumrukcu, S., Rossetti, M. D., & Buyurgan, N. (2008). Quantifying the costs of cycle counting in a two-echelon supply chain with multiple items. *International Journal of Production Economics*, 116(2), 263–274. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.09.006>
- Gupta, K., & Garg, M. (2014). Six sigma application in ACP sheet damage problem: A case study. *Proceedings - 2014 3rd International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization: Trends and Future Directions, ICRITO 2014*, 0–4. <https://doi.org/10.1109/ICRITO.2014.7014678>
- Habazin, J., Glasnovic, A., & Bajor, I. (2016). Order picking process in warehouse: Case study of dairy industry in Croatia. *Promet - Traffic&Transportation*, 29, 57–65.
- Halawa, F., Dauod, H., Lee, I. G., Li, Y., Yoon, S. W., & Chung, S. H. (2020). Introduction of a real time location system to enhance the warehouse safety and operational efficiency. *International Journal of Production Economics*, 224(September 2018). <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.107541>
- Henn, S., Koch, S., Gerking, H., & Wascher, G. (2013). *A U-shaped layout for manual order-picking systems*. 245–261. <https://doi.org/10.1007/s12159-013-0104-6>
- Ho, T. H. D., Daniel, J., Nadeem, S. P., Garza-Reyes, J. A., & Kumar, V. (2019). Improving the Reliability of Warehouse Operations in the 3PL Industry: An Australian 3PL Case Study. *2018 International Conference on Production and Operations Management Society, POMS 2018*, 2. <https://doi.org/10.1109/POMS.2018.8629453>
- Hompel, M., & Schmidt, T. (2007). *Warehouse management: automation and organisation of warehouse and order picking systems*. Springer.
- Instituto Nacional de Estatística. (2019). *Estatísticas dos Transportes e Comunicações*. www.ine.pt
- Jarvis, J. M., & Mcdowell, E. D. (1991). Optimal Product Layout in an Order Picking Warehouse. *IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)*, 23(1), 93–102. <https://doi.org/10.1080/07408179108963844>
- Kang, Y., & Gershwin, S. B. (2005). Information inaccuracy in inventory systems: Stock loss and stockout. *IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)*, 37(9), 843–859. <https://doi.org/10.1080/07408170590969861>
- Kovács, G., & Kot, S. (2016). New logistics and production trends as the effect of global economy changes. *Polish Journal of Management Studies*, 14(2), 115–126. <https://doi.org/10.17512/pjms.2016.14.2.11>
- Kuendee, P. (2017). Application of 7 quality control (7 QC) tools for quality management: A case study of a liquid chemical warehousing. *2017 4th International Conference on Industrial Engineering and Applications*, 106–110. <https://doi.org/10.1109/IEA.2017.7939188>

- Lang, Q., Pan, X., & Liu, X. (2020). A Text-Granulation Clustering Approach With Semantics for E-Commerce Intelligent Storage Allocation. *IEEE Access*, 8, 164282–164291. <https://doi.org/10.1109/access.2020.3021421>
- Langley, J. (2012). *2012 Third-party logistics study. The State of Logistics Outsourcing*. Capgemini Consulting.
- Langley, J. (2020). *2020 Annual Third-party logistics study. The State of Logistics Outsourcing*. Infosys.
- Le-Duc, T., & De Koster, R. B. M. (2005). Travel distance estimation and storage zone optimization in a 2-block class-based storage strategy warehouse. *International Journal of Production Research*, 43(17), 3561–3581. <https://doi.org/10.1080/00207540500142894>
- Liliana, L. (2016). A new model of Ishikawa diagram for quality assessment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 161(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/161/1/012099>
- Lototsky, V., Sabitov, R., Smirnova, G., Sirazetdinov, B., Elizarova, N., & Sabitov, S. (2019). Model of the automated warehouse management and forecasting system in the conditions of transition to industry 4.0. *IFAC-PapersOnLine*, 52(13), 78–82. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.137>
- Mahtamtama, E., Ridwan, A. Y., & Santosa, B. (2018). Development of cycle counting monitoring dashboard with buffer time management for cocoa company. *Proceeding of 2018 12th International Conference on Telecommunication Systems, Services, and Applications, TSSA 2018*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/TSSA.2018.8708782>
- Maltz, B. A., & Dehoratius, N. (2004). Warehousing : The Evolution Continues. *Warehousing Education and Research Council*, 1–3.
- Mao, J., Xing, H., & Zhang, X. (2018). Design of Intelligent Warehouse Management System. *Wireless Personal Communications*, 102(2), 1355–1367. <https://doi.org/10.1007/s11277-017-5199-7>
- Meidutė, I. (2005). Comparative analysis of the definitions of logistics centres. *Transport*, 20(3), 106–110. <https://doi.org/10.1080/16484142.2005.9638005>
- Mirabelli, G., Pizzuti, T., Macchione, C., & Laganà, D. (2015). Warehouse layout optimization: A case study based on the adaptation of the multi-layer Allocation problem. *Proceedings of the Summer School Francesco Turco - Industrial Systems Engineering*, 49–58.
- Muller, M. (2011). *Essencial of Inventory Management* (2nd ed.). American Management Association.
- Petersen, C. G., Aase, G. R., & Heiser, D. R. (2004). Improving order-picking performance through the implementation of class-based storage. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34(7), 534–544. <https://doi.org/10.1108/09600030410552230>

- Phupattarakit, T., & Chutima, P. (2019). Warehouse Management Improvement for a Textile Manufacturer. *2019 IEEE 6th International Conference on Industrial Engineering and Applications, ICIEA 2019*, 235–239. <https://doi.org/10.1109/IEA.2019.8714853>
- Qiu, R. G., & Sangwan, R. S. (2005). An approach to relieving warehouse pain points. *2005 IEEE Networking, Sensing and Control, ICNSC2005 - Proceedings, 2005*, 197–201. <https://doi.org/10.1109/ICNSC.2005.1461186>
- REM Associates Management Consultants. (1999). *Inventory Cycle Counting*.
- Richards, G. (2014). *Warehouse Management: A complete guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern warehouse* (2nd ed.). KoganPage.
- Richards, G. (2018). *Warehouse Management: A complete guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern warehouse* (3rd ed.). Kogan Page.
- Rossetti, M. D., Collins, T., & Kurgund, R. (2001). Inventory Cycle Counting: A Review. *The Proceedings of the 2001 Industrial Engineering Research Conference*, 457–463.
- Rossetti, M. D., Gumrukcu, S., Buyurgan, N., & English, J. (2007). Inventory accuracy improvement via cycle counting in a two-echelon supply chain. *Proceedings of the 2007 Industrial Engineering Research Conference*, 913–918.
- Sahin, E., & Dallery, Y. (2009). Assessing the impact of inventory inaccuracies within a Newsvendor framework. *European Journal of Operational Research*, 197(3), 1108–1118. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.03.042>
- Shi, Y., Zhang, A., Arthanari, T., Liu, Y., & Cheng, T. C. E. (2016). Third-party purchase: An empirical study of third-party logistics providers in China. *International Journal of Production Economics*, 171, 189–200. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.08.028>
- Slack, N., Brandon-Jones, A., & Johnston, R. (2018). *Operations Management* (8th ed.). Pearson Education.
- Tejesh, B. S. S., & Neeraja, S. (2018). Warehouse inventory management system using IoT and open source framework. *Alexandria Engineering Journal*, 57(4), 3817–3823. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2018.02.003>
- Tersine, R. J. (1994). *Principles of Inventory and Materials Management* (4th ed.). Prentice Hall.
- Torrestir. (2019a). *Empresas do grupo*. Obtido 5 de Fevereiro de 2020, de <https://www.torrestir.com/empresas-do-grupo/>
- Torrestir. (2019b). *História*. Obtido 4 de Fevereiro de 2020, de <https://www.torrestir.com/historia/>
- Torrestir. (2019c). *Localização*. Obtido 4 de Fevereiro de 2020, de <https://www.torrestir.com/localizacao/>

- Torrestir. (2019d). *Logística*. Obtido 6 de Fevereiro de 2020, de <https://www.torrestir.com/servico/logistica/>
- Torrestir. (2019e). *Setores*. Obtido 4 de Fevereiro de 2020, de <https://www.torrestir.com/setores/>
- Torrestir. (2019f). *Sustentabilidade*. Obtido 4 de Fevereiro de 2020, de <https://www.torrestir.com/sustentabilidade/>
- Vaughan, T. S., & Petersen, C. G. (1999). The effect of warehouse cross aisles on order picking efficiency. In *International Journal of Production Research* (Vol. 37, Issue 4, pp. 881–897). <https://doi.org/10.1080/002075499191580>
- Wijffels, L., Giannikas, V., Woodall, P., McFarlane, D., & Lu, W. (2016). An enhanced cycle counting approach utilising historical inventory data. *IFAC-PapersOnLine*, 49(12), 1347–1352. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.07.748>
- Wong, E. Y. C. (2016). Development of Mobile Voice Picking and Cargo Tracing Systems with Internet of Things in Third Party Logistics Warehouse Operations. *International Journal of Management and Sustainability*, 5(4), 23–29. <https://doi.org/10.18488/journal.11/2016.5.4/11.4.23.29>
- Zhang, R. Q., Wang, M., & Pan, X. (2019). New model of the storage location assignment problem considering demand correlation pattern. *Computers and Industrial Engineering*, 129(May 2018), 210–219. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.01.027>

Anexos

Anexo A - Mercadorias transportadas por modo de transporte em Portugal entre 2015 e 2018 (unidade: 10³ Ton, adaptado de Instituto Nacional de Estatística, 2019)

Tabela 23 - Dados da mercadoria transportada por modo de transporte, em Portugal entre 2015 e 2018

Modo de transporte		2015	2016	2017	2018	Taxas de variação anuais		
						2016	2017	2018
Ferrovário		11 122	10 420	10 632	10 582	-6,3%	2,0%	-0,5%
Rodoviário (a)		154 832	148 626	157 696	157 826	-4,0%	6,1%	0,1%
Marítimo (b)		81 413	83 937	86 985	84 046	3,1%	3,6%	-3,4%
Aéreo	Aeroportos nacionais (b)	133	136	165	174	2,3%	21,0%	5,3%
	Empresas nacionais de transporte aéreo	60	63	86	97	3,6%	36,7%	12,8%

(a) apenas transporte efetuado por operadores do continente;
(b) nos transportes marítimos e aéreos, na componente de transporte nacional, e para efeitos de melhor comparabilidade entre modos, consideraram-se apenas os movimentos de embarque para não haver dupla contagem de embarque e desembarque.

Anexo B - Empresas do grupo Torrestir e suas características (Torrestir, 2019a)

Tabela 24 - Empresas do grupo Torrestir

Empresa	Características
Torrestir Logística	<ul style="list-style-type: none">• Mais de 90.000 m² de área de armazenamento.• Plataformas de armazenamento e <i>cross-docking</i> espalhadas por todo o país.• Serviços integrados de gestão das cadeias de abastecimento.
Contentorres	<ul style="list-style-type: none">• Serviços de transporte de contentores.• Serviços de valor acrescentado.• Parques de Matosinhos e Lisboa.
Torrestir Transitários	<ul style="list-style-type: none">• Serviços integrados de transporte marítimo.• Especialistas em trâmites aduaneiros, executa as formalidades alfandegárias.• Agentes da <i>International Air Transport association</i> (IATA) e membro da <i>World Cargo Alliance</i>.
Frigotir	<ul style="list-style-type: none">• Apoio ao setor alimentar, transportando para todo o país diariamente.• Organização do transporte das mercadorias de acordo com as necessidades do cliente e dos produtos.• Monitorização online do controlo de temperatura ao longo do transporte.
Torresduana	<ul style="list-style-type: none">• Especialista em trâmites aduaneiros, garantindo que todas as formalidades alfandegárias para embarques de entrada e saída sejam tratadas de forma eficaz.
Torrestir Espanha	<ul style="list-style-type: none">• Serviços de distribuição porta-a-porta, com recolha e entrega entre 24 a 48 horas em todo o território de Espanha e Portugal.
Torrestir Deutschland	<ul style="list-style-type: none">• Apoio às empresas portuguesas que exportam para o mercado alemão.• Parcerias especializadas na área da logística, transporte internacional e distribuição;• Serviço porta a porta em toda a Alemanha;• Ligações diárias entre Portugal e Alemanha.
Torrestir Moçambique	<ul style="list-style-type: none">• Serviços desde o desalfandegamento até à entrega da mercadoria nas instalações dos clientes.

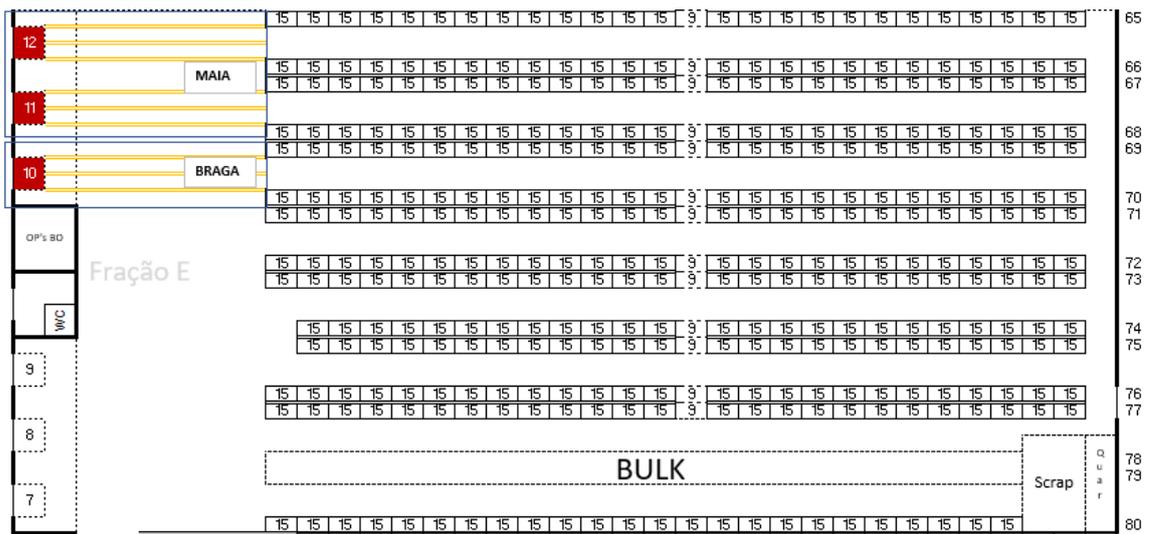


Figura 34 - Layout da fração E do armazém da TorresLog

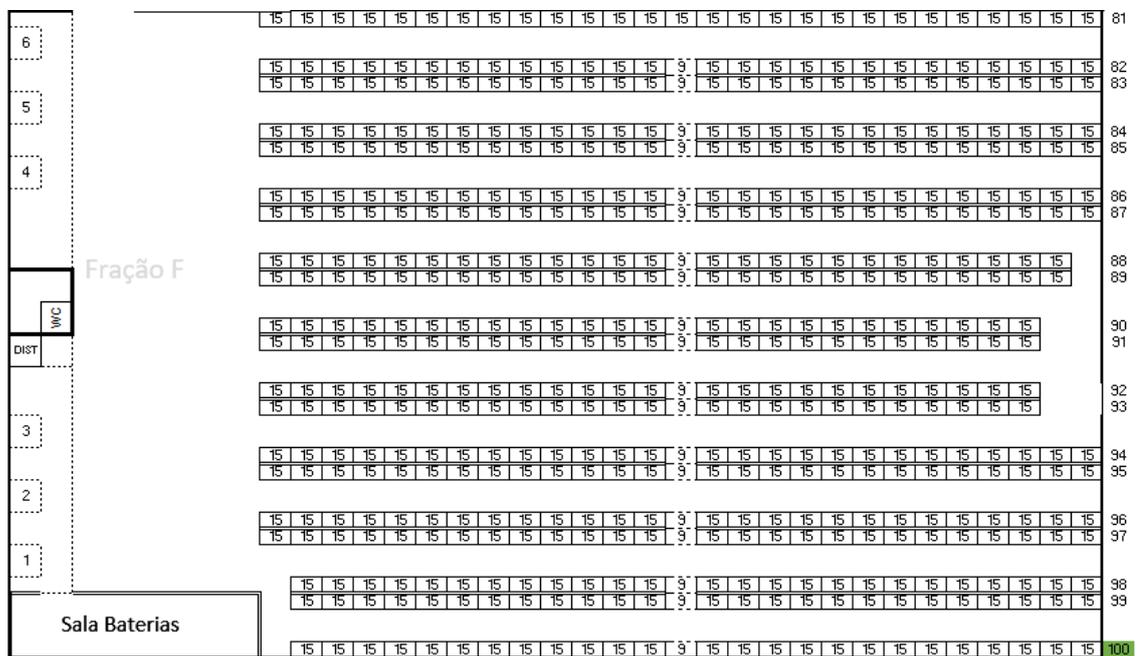


Figura 35 - Layout da fração F do armazém da TorresLog

Anexo D - Exemplo de perfil de correlação da procura numa empresa de venda de vestuário (Frazelle, 2002)

Tabela 25 - Exemplo de análise da correlação da procura

Número do artigo* 1	Número do artigo 2	Frequência do par (%)
198-2-4	189-2-1	58
493-2-1	493-2-8	45
007-3-3	007-3-2	36
119-2-1	119-2-7	30
999-1-8	999-1-6	22
207-4-2	207-4-24	15
662-1-9	662-1-1	12
339-7-4	879-2-8	9
112-3-8	112-3-4	6

*Número do artigo: Código do produto – Tamanho – Cor

Anexo E - Obtenção de resultados para categorização ABC através da colocação de Artigos por Popularidade (Muller, 2011)

A	B	C	D	E	F	G
Line No.	Part No.	Description	Annual Usage	Cumulative Usage	% Total Usage	% Total Items
1	Part 79	Product A	8,673	8,673.00	6.3%	0.3%
2	Part 133	Product B	6,970	15,643.00	11.3%	0.7%
3	Part 290	Product C	5,788	21,431.00	15.5%	1.0%
.
17	Part 70	Product Q	1,896	64,915.00	47.0%	5.7%
18	Part 117	Product R	1,888	66,803.00	48.4%	6.0%
19	Part 134	Product S	1,872	68,675.00	49.7%	6.3%
20	Part 170	Product T	1,687	70,362.00	50.9%	6.7%
21	Part 182	Product U	1,666	72,028.00	52.1%	7.0%
22	Part 28	Product V	1,646	73,674.00	53.3%	7.3%
.
30	Part 278	Product AD	997	82,919.00	60.0%	10.0%
.
93	Part 295	Product CJ	325	123,350.00	89.3%	31.0%
94	Part 30	Product CK	325	123,675.00	89.5%	31.3%
95	Part 11	Product CL	323	123,998.00	89.8%	31.7%
96	Part 192	Product CM	321	124,319.00	90.0%	32.0%
97	Part 96	Product CN	321	124,640.00	90.2%	32.3%
98	Part 40	Product CO	298	124,938.00	90.4%	32.7%
.
272	Part 86	Product JG	6	138,053.00	99.9%	90.7%
273	Part 32	Product JH	6	138,059.00	99.9%	91.0%
274	Part 129	Product JI	5	138,064.00	99.9%	91.3%
275	Part 164	Product JJ	5	138,069.00	100.0%	91.7%
276	Part 283	Product JK	5	138,074.00	100.0%	92.0%
277	Part 252	Product JL	5	138,079.00	100.0%	92.3%
.
298	Part 151	Product KG	—	138,134.00	100.0%	99.3%
299	Part 61	Product KH	—	138,134.00	100.0%	99.7%
300	Part 165	Product KI	—	138,134.00	100.0%	100.0%

Figura 36 - Exemplo de análise ABC

Anexo F - Análises ABC

Tabela 26 - Análise ABC para os artigos da família "Sacac grandes"

Número do artigo	Referência	Procura	% procura	% acumulada artigos	% acumulada procura	ABC
1	ACH125	1227	4,94%	1,429%	4,94%	A
2	ACC204	1178	4,75%	2,857%	9,69%	A
3	ACH112	1044	4,21%	4,286%	13,90%	A
4	ACH119	946	3,81%	5,714%	17,71%	A
5	ACC203	882	3,55%	7,143%	21,26%	A
6	ACH109	836	3,37%	8,571%	24,63%	A
7	ACR207	747	3,01%	10,000%	27,64%	A
8	ACC209	669	2,70%	11,429%	30,33%	A
9	ORD110	666	2,68%	12,857%	33,02%	A
10	ACH129	663	2,67%	14,286%	35,69%	A
11	ACH134	629	2,53%	15,714%	38,22%	A
12	ACH106	623	2,51%	17,143%	40,73%	A
13	ACC214	620	2,50%	18,571%	43,23%	A
14	ACR218	602	2,43%	20,000%	45,65%	A
15	ACC208	584	2,35%	21,429%	48,01%	B
16	ACC213	576	2,32%	22,857%	50,33%	B
17	ACR203	566	2,28%	24,286%	52,61%	B
18	ACH133	481	1,94%	25,714%	54,55%	B
19	ACR221	449	1,81%	27,143%	56,36%	B
20	ACH107	431	1,74%	28,571%	58,09%	B
21	ACH124	425	1,71%	30,000%	59,80%	B
22	ACH108	419	1,69%	31,429%	61,49%	B
23	ACC202	418	1,68%	32,857%	63,18%	B
24	ACH102	416	1,68%	34,286%	64,85%	B
25	ACS203	399	1,61%	35,714%	66,46%	B
26	ORD202	375	1,51%	37,143%	67,97%	B
27	ORD114	342	1,38%	38,571%	69,35%	B
28	ACH105	321	1,29%	40,000%	70,64%	B
29	ACR215	305	1,23%	41,429%	71,87%	B
30	ACC207	303	1,22%	42,857%	73,09%	B
31	ACC212	300	1,21%	44,286%	74,30%	B
32	ACR211	295	1,19%	45,714%	75,49%	B
33	ACR224	291	1,17%	47,143%	76,66%	B
34	ORD130	285	1,15%	48,571%	77,81%	B
35	ACR206	279	1,12%	50,000%	78,93%	B
36	ACH121	266	1,07%	51,429%	80,00%	B
37	ACS207	264	1,06%	52,857%	81,07%	B
38	ORD106	250	1,01%	54,286%	82,08%	B
39	ACS204	248	1,00%	55,714%	83,07%	C
40	ACH118	245	0,99%	57,143%	84,06%	C
41	ORD118	244	0,98%	58,571%	85,04%	C
42	ACS202	228	0,92%	60,000%	85,96%	C

43	ACR227	227	0,91%	61,429%	86,88%	C
44	ORD214	218	0,88%	62,857%	87,76%	C
45	ORD205	202	0,81%	64,286%	88,57%	C
46	ACH128	188	0,76%	65,714%	89,33%	C
47	ACR202	176	0,71%	67,143%	90,04%	C
48	ORD103	174	0,70%	68,571%	90,74%	C
49	ACR210	168	0,68%	70,000%	91,41%	C
50	ACH120	161	0,65%	71,429%	92,06%	C
51	ACH132	158	0,64%	72,857%	92,70%	C
52	ACS215	150	0,60%	74,286%	93,30%	C
53	ACS216	149	0,60%	75,714%	93,90%	C
54	ACS212	148	0,60%	77,143%	94,50%	C
55	ORD109	142	0,57%	78,571%	95,07%	C
56	ORD208	141	0,57%	80,000%	95,64%	C
57	ACS208	139	0,56%	81,429%	96,20%	C
58	ORD126	136	0,55%	82,857%	96,75%	C
59	ORD113	125	0,50%	84,286%	97,25%	C
60	ACR214	102	0,41%	85,714%	97,66%	C
61	ORD117	93	0,37%	87,143%	98,04%	C
62	ORD102	88	0,35%	88,571%	98,39%	C
63	ACS211	87	0,35%	90,000%	98,74%	C
64	ORD105	76	0,31%	91,429%	99,05%	C
65	ORD125	72	0,29%	92,857%	99,34%	C
66	ORD129	52	0,21%	94,286%	99,55%	C
67	ORD211	50	0,20%	95,714%	99,75%	C
68	ACR302	30	0,12%	97,143%	99,87%	C
69	NMM700	29	0,12%	98,571%	99,99%	C
70	ACR305	3	0,01%	100,000%	100,00%	C

Tabela 27 - Análise ABC para os artigos da família "Sacac pequenas"

Número do artigo	Referência	Procura	% procura	% acumulada artigos	% acumulada procura	ABC
1	ACH111	1267	3,134%	0,6%	3,13%	A
2	ACH104	943	2,333%	1,2%	5,47%	A
3	NMA1101	830	2,053%	1,8%	7,52%	A
4	ACR217	828	2,048%	2,4%	9,57%	A
5	ACH123	802	1,984%	3,0%	11,55%	A
6	ACH101	787	1,947%	3,6%	13,50%	A
7	ACR220	756	1,870%	4,1%	15,37%	A
8	NMA1100	746	1,845%	4,7%	17,21%	A
9	ACC201	713	1,764%	5,3%	18,98%	A
10	NMA1201	708	1,751%	5,9%	20,73%	A
11	NMA1203	702	1,736%	6,5%	22,47%	A
12	ACC206	643	1,591%	7,1%	24,06%	A
13	ACC211	641	1,586%	7,7%	25,64%	A
14	NMA103	629	1,556%	8,3%	27,20%	A
15	NMA1102	606	1,499%	8,9%	28,70%	A
16	NMA1200	575	1,422%	9,5%	30,12%	A
17	NMA102	573	1,417%	10,1%	31,54%	A
18	NMA1103	555	1,373%	10,7%	32,91%	A
19	NMA100	554	1,370%	11,2%	34,28%	A
20	ACR205	540	1,336%	11,8%	35,61%	A
21	NMA105	537	1,328%	12,4%	36,94%	A
22	NMA106	522	1,291%	13,0%	38,23%	A
23	ACS201	512	1,266%	13,6%	39,50%	A
24	NMA204	510	1,262%	14,2%	40,76%	A
25	ACR216	508	1,257%	14,8%	42,02%	A
26	ACR223	507	1,254%	15,4%	43,27%	A
27	NMA1202	503	1,244%	16,0%	44,52%	A
28	NMA101	491	1,215%	16,6%	45,73%	A
29	NMA1204	486	1,202%	17,2%	46,93%	A
30	ACR222	486	1,202%	17,8%	48,14%	A
31	NMA1104	478	1,182%	18,3%	49,32%	A
32	ORD201	468	1,158%	18,9%	50,48%	A
33	NMA201	456	1,128%	19,5%	51,60%	A
34	ACH131	444	1,098%	20,1%	52,70%	B
35	NMA1306	426	1,054%	20,7%	53,76%	B
36	NMA1301	411	1,017%	21,3%	54,77%	B
37	NMA203	410	1,014%	21,9%	55,79%	B
38	NMA104	409	1,012%	22,5%	56,80%	B
39	NMA1303	408	1,009%	23,1%	57,81%	B
40	NMA107	405	1,002%	23,7%	58,81%	B
41	ACH127	403	0,997%	24,3%	59,81%	B
42	NMA1304	402	0,994%	24,9%	60,80%	B
43	ACR219	394	0,975%	25,4%	61,78%	B
44	NMA202	380	0,940%	26,0%	62,72%	B

45	NMA1300	375	0,928%	26,6%	63,64%	B
46	ACR201	365	0,903%	27,2%	64,55%	B
47	ACH110	364	0,900%	27,8%	65,45%	B
48	NMA301	340	0,841%	28,4%	66,29%	B
49	NMA300	331	0,819%	29,0%	67,11%	B
50	NMA200	328	0,811%	29,6%	67,92%	B
51	ACC205	321	0,794%	30,2%	68,71%	B
52	ACR226	313	0,774%	30,8%	69,49%	B
53	NMA302	312	0,772%	31,4%	70,26%	B
54	NMA500	312	0,772%	32,0%	71,03%	B
55	ACC210	301	0,745%	32,5%	71,77%	B
56	ORD108	294	0,727%	33,1%	72,50%	B
57	ACR225	293	0,725%	33,7%	73,23%	B
58	NMA205	293	0,725%	34,3%	73,95%	B
59	ACC200	290	0,717%	34,9%	74,67%	B
60	ACS206	276	0,683%	35,5%	75,35%	B
61	NMA501	270	0,668%	36,1%	76,02%	B
62	ACH100	267	0,660%	36,7%	76,68%	B
63	ACR209	263	0,651%	37,3%	77,33%	B
64	NMA402	250	0,618%	37,9%	77,95%	B
65	ACR213	245	0,606%	38,5%	78,55%	B
66	ORD213	241	0,596%	39,1%	79,15%	B
67	ORD101	231	0,571%	39,6%	79,72%	B
68	ORD203	227	0,562%	40,2%	80,28%	B
69	ACH103	220	0,544%	40,8%	80,83%	B
70	ORD200	219	0,542%	41,4%	81,37%	B
71	ACR204	217	0,537%	42,0%	81,91%	B
72	NMA903	217	0,537%	42,6%	82,44%	B
73	NMA400	217	0,537%	43,2%	82,98%	B
74	NMA902	215	0,532%	43,8%	83,51%	B
75	ACM022	209	0,517%	44,4%	84,03%	B
76	ACR200	207	0,512%	45,0%	84,54%	B
77	ORD112	204	0,505%	45,6%	85,04%	B
78	NMA900	203	0,502%	46,2%	85,55%	B
79	ORD204	201	0,497%	46,7%	86,04%	B
80	NMA401	195	0,482%	47,3%	86,53%	B
81	ACS214	193	0,477%	47,9%	87,00%	B
82	NMA904	188	0,465%	48,5%	87,47%	B
83	ORD206	178	0,440%	49,1%	87,91%	B
84	NMA503	167	0,413%	49,7%	88,32%	B
85	NMA901	164	0,406%	50,3%	88,73%	B
86	ACT100	155	0,383%	50,9%	89,11%	B
87	ACS210	154	0,381%	51,5%	89,49%	B
88	ACH122	150	0,371%	52,1%	89,86%	B
89	ACR212	149	0,369%	52,7%	90,23%	B
90	ACR208	148	0,366%	53,3%	90,60%	B
91	NMA502	145	0,359%	53,8%	90,96%	B

92	ORD207	130	0,322%	54,4%	91,28%	B
93	ACT104	128	0,317%	55,0%	91,59%	C
94	ORT512	127	0,314%	55,6%	91,91%	C
95	NMA504	121	0,299%	56,2%	92,21%	C
96	ORD116	117	0,289%	56,8%	92,50%	C
97	ACM021	116	0,287%	57,4%	92,78%	C
98	ACH130	115	0,284%	58,0%	93,07%	C
99	ACS200	109	0,270%	58,6%	93,34%	C
100	ACS205	107	0,265%	59,2%	93,60%	C
101	ORD212	106	0,262%	59,8%	93,87%	C
102	NMA505	104	0,257%	60,4%	94,12%	C
103	ORT500	104	0,257%	60,9%	94,38%	C
104	ORD128	102	0,252%	61,5%	94,63%	C
105	ACM029	101	0,250%	62,1%	94,88%	C
106	ACH126	101	0,250%	62,7%	95,13%	C
107	ORT600	95	0,235%	63,3%	95,37%	C
108	ACS209	93	0,230%	63,9%	95,60%	C
109	ACT102	92	0,228%	64,5%	95,82%	C
110	ACM008	86	0,213%	65,1%	96,04%	C
111	ORD124	85	0,210%	65,7%	96,25%	C
112	ORD107	81	0,200%	66,3%	96,45%	C
113	ORD111	79	0,195%	66,9%	96,64%	C
114	ORT514	73	0,181%	67,5%	96,82%	C
115	ORD115	70	0,173%	68,0%	97,00%	C
116	ORD100	67	0,166%	68,6%	97,16%	C
117	ORT504	66	0,163%	69,2%	97,33%	C
118	ORT603	66	0,163%	69,8%	97,49%	C
119	ORT601	65	0,161%	70,4%	97,65%	C
120	ACS213	65	0,161%	71,0%	97,81%	C
121	ORT508	64	0,158%	71,6%	97,97%	C
122	ORD209	61	0,151%	72,2%	98,12%	C
123	ORT602	60	0,148%	72,8%	98,27%	C
124	NMM200	59	0,146%	73,4%	98,41%	C
125	ORT510	59	0,146%	74,0%	98,56%	C
126	ORT502	58	0,143%	74,6%	98,70%	C
127	ORT604	58	0,143%	75,1%	98,85%	C
128	ACM024	56	0,139%	75,7%	98,99%	C
129	ORT506	52	0,129%	76,3%	99,11%	C
130	ORT605	50	0,124%	76,9%	99,24%	C
131	ORD123	45	0,111%	77,5%	99,35%	C
132	ACM023	43	0,106%	78,1%	99,46%	C
133	ORD127	28	0,069%	78,7%	99,53%	C
134	ACM030	26	0,064%	79,3%	99,59%	C
135	ACM012	24	0,059%	79,9%	99,65%	C
136	ORD210	21	0,052%	80,5%	99,70%	C
137	ORD104	20	0,049%	81,1%	99,75%	C
138	ORT311	15	0,037%	81,7%	99,79%	C

139	ORT516	11	0,027%	82,2%	99,81%	C
140	ORT300	10	0,025%	82,8%	99,84%	C
141	ORT313	9	0,022%	83,4%	99,86%	C
142	ORT404	7	0,017%	84,0%	99,88%	C
143	NMA601	7	0,017%	84,6%	99,90%	C
144	NMM201	6	0,015%	85,2%	99,91%	C
145	ORT307	3	0,007%	85,8%	99,92%	C
146	NMA600	3	0,007%	86,4%	99,93%	C
147	ORT403	3	0,007%	87,0%	99,93%	C
148	ORT402	2	0,005%	87,6%	99,94%	C
149	ORT401	2	0,005%	88,2%	99,94%	C
150	ORT309	2	0,005%	88,8%	99,95%	C
151	ORT315	2	0,005%	89,3%	99,95%	C
152	NMA602	2	0,005%	89,9%	99,96%	C
153	ACP005	1	0,002%	90,5%	99,96%	C
154	ACP004	1	0,002%	91,1%	99,96%	C
155	ADP008	1	0,002%	91,7%	99,97%	C
156	ADP006	1	0,002%	92,3%	99,97%	C
157	ADP003	1	0,002%	92,9%	99,97%	C
158	ADP005	1	0,002%	93,5%	99,97%	C
159	ORT303	1	0,002%	94,1%	99,98%	C
160	ACP001	1	0,002%	94,7%	99,98%	C
161	ADP004	1	0,002%	95,3%	99,98%	C
162	ADP007	1	0,002%	95,9%	99,98%	C
163	ACR304	1	0,002%	96,4%	99,99%	C
164	ADP001	1	0,002%	97,0%	99,99%	C
165	ACP002	1	0,002%	97,6%	99,99%	C
166	ADP002	1	0,002%	98,2%	99,99%	C
167	ACP006	1	0,002%	98,8%	100,00%	C
168	ACP007	1	0,002%	99,4%	100,00%	C
169	ACP003	1	0,002%	100,0%	100,00%	C

Anexo G - Análise da correlação da procura (uma amostra das 1.081 combinações geradas)

Tabela 28 - Amostra da análise da correlação da procura (até ao último par considerado relevante²)

			Quantidade de saídas			Frequência do par	
	Artigo1	Artigo2	Artigo1	Artigo2	Par	%artigo1	%artigo2
1	NMA1200	NMA1202	262	244	176	67%	72%
2	NMA1202	NMA1203	244	322	161	66%	50%
3	NMA1200	NMA1203	262	322	169	65%	52%
4	NMA1201	NMA1203	315	322	203	64%	63%
5	NMA1200	NMA1201	262	315	166	63%	53%
6	NMA105	NMA106	277	247	167	60%	68%
7	NMA1100	NMA1101	387	393	233	60%	59%
8	NMA1102	NMA1103	298	287	175	59%	61%
9	ACH101	ACH111	412	658	237	58%	36%
10	NMA100	NMA103	264	317	150	57%	47%
11	NMA100	NMA105	264	277	140	53%	51%
12	NMA100	NMA106	264	247	136	52%	55%
13	ACR216	ACR222	284	250	142	50%	57%
14	ACC211	ACH111	311	658	155	50%	24%
15	ACH104	ACH111	535	658	265	50%	40%
16	NMA1201	NMA1202	315	244	156	50%	64%
17	NMA103	NMA105	317	277	153	48%	55%
18	ACC201	ACH111	336	658	159	47%	24%
19	ACC211	ACH104	311	535	146	47%	27%
20	NMA1101	NMA1102	393	298	183	47%	61%
21	NMA1100	NMA1103	387	287	177	46%	62%
22	NMA1100	NMA1102	387	298	176	45%	59%
23	ACH101	ACH104	412	535	186	45%	35%
24	NMA103	NMA106	317	247	142	45%	57%

² São considerados pares relevantes todos aqueles em que a frequência de par do Artigo 1 e do Artigo 2 é superior a 45%, ou seja, em que ambas as células da frequência do par estão a verde.